

## **PROJETO DE GRADUAÇÃO**

# **PROJETO MECÂNICO DE UMA PLATAFORMA DE ELEVAÇÃO MOTORIZADA PARA PESSOAS COM MOBILIDADE REDUZIDA**

Por  
**Túlio Batista Gomes**

**Brasília, junho de 2019**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

## PROJETO DE GRADUAÇÃO

# **Projeto mecânico de uma plataforma de elevação motorizada para pessoas com mobilidade reduzida**

Por

**Túlio Batista Gomes**

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção  
do grau de Engenheiro Mecânico

### **Banca Examinadora**

Dianne Magalhães Viana \_\_\_\_\_

Antônio Manoel Dias Henriques \_\_\_\_\_

Alberto Carlos Guimarães Castro Diniz \_\_\_\_\_

Brasília, junho de 2019

# Agradecimentos

Agradeço principalmente aos meus avós, Ivanir e Rita, pelo apoio e confiança que tornaram este trabalho possível. Agradeço também aos meus pais, familiares, amigos e à minha namorada, que contribuíram para que mais essa etapa da minha vida pudesse ser alcançada.

# Resumo

Este trabalho é focado no projeto mecânico de uma plataforma de elevação residencial para uma casa de dois pavimentos. Os principais objetivos são segurança, baixo custo e praticidade no uso. Ao final do projeto, a solução foi uma plataforma acionada excentricamente por um fuso de esferas com 32 mm de diâmetro, guiada por um conjunto de 4 rolamentos lineares movida por um motofreio trifásico de 1 cv. A estrutura de acomodação dos passageiros possui dimensões de 800 mm de largura por 1600 mm de profundidade, suficiente para acomodação de um usuário de cadeira de rodas com um acompanhante. A estimativa de custo resultou no valor final de R\$1.1251,65 para a parte mecânica e componentes elétricos para acionamento do motor, não contendo custos com a obra civil, acabamento e sensores.

**Palavras-chaves:** Plataforma residencial; Projeto de elevador; Acessibilidade



# Abstract

This work is focused on the mechanical project of a residential lifting platform for a two floor house. The main objectives are safety, low cost and practicality in use. At the end of the project, the solution was a platform driven eccentrically by a ball screw with a diameter of 32 mm, guided by a set of 4 linear bearings driven by a 1 hp three-phase motor-brake. The passenger accommodation structure has dimensions of 800 mm wide by 1600 mm deep, enough for accommodation of a wheelchair user with a companion. The cost estimate resulted in the final value of R\$ 1,1251.65 for the mechanical part and electrical components for motor drive, not including the house remodeling, finishing and sensor costs.

**Key-words:** Residencial lifting plataform; Elevator project; Accessibility

# Lista de Figuras

Figura 1 – Número e percentual de pessoas que declaram ter algum tipo de deficiência por região administrativa e na área rural, conforme áreas de ponderação – Distrito Federal, 2010 [3] . . . . .	3
Figura 2 – Percentual da população de 60 anos ou mais em relação à população total por Região Administrativa do Distrito Federal – 2010 [3] . . . . .	4
Figura 3 – Densidade Urbana x Tipologia Domiciliar nas RAs - 2015 [5] . . . . .	5
Figura 4 – Densidade Urbana x Renda Domiciliar Per Capita das RAs - 2015 [5] .	6
Figura 5 – Fluxograma de trabalho . . . . .	8
Figura 6 – Esquema do elevador com casa de máquinas [6] . . . . .	10
Figura 7 – Ilustração do elevador sem casa de máquinas [6] . . . . .	12
Figura 8 – Ilustração do elevador hidráulico [7] . . . . .	13
Figura 9 – Vista esquemática do fuso de esferas [8] . . . . .	14
Figura 10 – Funcionamento do elevador acionado por fuso [9] . . . . .	14
Figura 11 – Pinhão e cremalheira [16] . . . . .	15
Figura 12 – Elevador Levità [11] . . . . .	16
Figura 13 – Plataforma de elevação PL200 [12] . . . . .	17
Figura 14 – Plataforma de elevação AC08 [12] . . . . .	18
Figura 15 – Foto do da residência . . . . .	22
Figura 16 – Residência estudada, telhado a ser retirado . . . . .	23
Figura 17 – Modelo em SolidWorks da área para implementação do equipamento .	23
Figura 18 – Planta da residência - Pavimento inferior . . . . .	24
Figura 19 – Planta da residência - Pavimento superior . . . . .	24
Figura 20 – Ilustração dos principais componentes da plataforma projetada . . . . .	28
Figura 21 – Esquema de funcionamento do fuso de esferas [8] . . . . .	29
Figura 22 – Figura ilustrativa de rolamentos lineares [8] . . . . .	30
Figura 23 – Esquema de uma guia linear [8] . . . . .	31
Figura 24 – Esquema de funcionamento WEG W22 [20] . . . . .	31
Figura 25 – Esquema ilustrativo porca de segurança [21] . . . . .	32
Figura 26 – Inversor de frequência WEG CFW 10 [20] . . . . .	33
Figura 27 – Controlador lógico programável WEG CLIC02 [20] . . . . .	33

Figura 28 – Funcionamento da plataforma de elevação da empresa Cibes Lift [9] . . .	36
Figura 29 – Ilustração renderizada da plataforma projetada . . . . .	37
Figura 30 – Concepção inicial da estrutura da plataforma . . . . .	38
Figura 31 – DCL do modelo simplificado . . . . .	38
Figura 32 – Simulação de deslocamento máximo . . . . .	39
Figura 33 – Simulação de tensões na plataforma . . . . .	40
Figura 34 – Simulação de tensões na plataforma após inserção das chapas . . . . .	41
Figura 35 – Ilustração da solução de guias da plataforma . . . . .	43
Figura 36 – DCL da plataforma . . . . .	44
Figura 37 – Ilustração forças atuantes no eixo . . . . .	44
Figura 38 – Deformação no eixo linear . . . . .	46
Figura 39 – Diagrama para seleção do tipo de porca [24] . . . . .	47
Figura 40 – Gráfico para determinação do diâmetro do fuso com base na carga da coluna e comprimento entre os suportes [24] . . . . .	48
Figura 41 – Gráfico para determinação do diâmetro do fuso com base na rotação e comprimento entre os suportes [24] . . . . .	49
Figura 42 – Ilustração do mancal selecionado [8] . . . . .	51
Figura 43 – Tabela do fabricante para escolha do tipo de graxa utilizada [24] . . . . .	51
Figura 44 – Ilustração das forças envolvidas no fuso [24] . . . . .	52
Figura 45 – Tabela de carcaças e torque de frenagem [20] . . . . .	53
Figura 46 – Ilustração motor selecionado [20] . . . . .	54
Figura 47 – Gráfico para seleção de perfil de correia [25] . . . . .	54
Figura 48 – Ilustração do conjunto de acionamento . . . . .	57
Figura 49 – Parte do catálogo de chumbadores mecânicos. . . . .	58
Figura 50 – Ilustração de um suporte do eixo para rolamento linear . . . . .	59
Figura 51 – Simulação das tensões no suporte de eixo . . . . .	59
Figura 52 – Ilustração da montagem dos suportes de mancais para o fuso de esferas	60
Figura 53 – Simulação do suporte para mancal do fuso de esferas . . . . .	61
Figura 54 – Ilustração do conjunto fixo ao concreto na parte superior do equipamento	62
Figura 55 – Ilustração do conjunto fixo ao concreto na parte inferior do equipamento	63
Figura 56 – Ilustração circuito de alimentação e controle do motor [20] . . . . .	64
Figura 57 – Ilustração da caixa de alimentação do motor[20] . . . . .	65
Figura 58 – Ilustração da plataforma com sistemas complementares . . . . .	69

# Lista de Tabelas

Tabela 1 – Características elevador residencial Levità . . . . .	16
Tabela 2 – Características elevador residencial H3 . . . . .	17
Tabela 3 – Características da plataforma de elevação PL200 . . . . .	17
Tabela 4 – Características elevador residencial Unique . . . . .	18
Tabela 5 – Características da plataforma de elevação AC11 . . . . .	18
Tabela 6 – Dimensões mínimas da plataforma [15] . . . . .	29
Tabela 7 – Fatores de penalização para cálculo do fator de segurança . . . . .	34
Tabela 8 – Eixos e rolamentos selecionados . . . . .	46
Tabela 9 – Dados comparação passo do par fuso/castanha . . . . .	48
Tabela 10 – Dados de entrada para cálculo da carga dinâmica da porca do fuso de esferas . . . . .	50
Tabela 11 – Dados do fuso e porca . . . . .	52
Tabela 12 – Resumo de seleção das correias . . . . .	56
Tabela 13 – Custo de compra das peças . . . . .	66
Tabela 14 – Custos de fabricação e instalação . . . . .	66

# Lista de abreviaturas e siglas

RA	Região Administrativa
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)
DCL	Diagrama de Corpo Livre
CLP	Controlador Lógico Programável

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>2</b>
1.1	<b>Apresentação</b>	<b>2</b>
1.2	<b>Caracterização do problema</b>	<b>2</b>
1.3	<b>Motivação</b>	<b>6</b>
1.4	<b>Objetivo geral e específicos</b>	<b>7</b>
1.5	<b>Metodologia</b>	<b>7</b>
1.5.1	Fluxograma do projeto	7
<b>2</b>	<b>MÁQUINAS DE ELEVAÇÃO RESIDENCIAIS</b>	<b>9</b>
2.1	<b>Terminologia</b>	<b>9</b>
2.2	<b>Formas de elevação residencial</b>	<b>11</b>
2.2.1	Elevador elétrico ou elevador de contrapeso	11
2.2.2	Elevador hidráulico	12
2.2.3	Elevador acionado por fuso	13
2.2.4	Elevador de cremalheira	15
2.2.5	Elevador a vácuo	15
2.3	<b>Elevadores residenciais disponíveis no mercado</b>	<b>15</b>
2.3.1	Elevador residencial Thyssenkrupp - Levità	16
2.3.2	Equipamentos para residências - Montele	16
2.3.3	Equipamentos para residências - Daiken	17
2.4	<b>Normas relevantes</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>PROJETO CONCEITUAL</b>	<b>21</b>
3.1	<b>Definição de metas</b>	<b>21</b>
3.2	<b>Estudo da residência</b>	<b>21</b>
3.3	<b>Avaliação das possíveis soluções</b>	<b>25</b>
3.4	<b>Componentes da plataforma acionada por fuso de esferas</b>	<b>27</b>
3.4.1	Estrutura	27
3.4.2	Acionamento	27
3.4.3	Guias e alinhamento	30

3.4.4	Freios e segurança . . . . .	30
3.4.5	Componentes elétricos . . . . .	32
<b>3.5</b>	<b>Fator de segurança . . . . .</b>	<b>34</b>
	<b>4 PROJETO MECÂNICO . . . . .</b>	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Estrutura . . . . .</b>	<b>36</b>
4.1.1	Cordões de solda . . . . .	41
<b>4.2</b>	<b>Guias . . . . .</b>	<b>42</b>
4.2.1	Lubrificação . . . . .	46
<b>4.3</b>	<b>Sistema de tração . . . . .</b>	<b>46</b>
4.3.1	Lubrificação . . . . .	50
<b>4.4</b>	<b>Motofreio . . . . .</b>	<b>52</b>
4.4.1	Correias e polias . . . . .	54
4.4.2	Chavetas . . . . .	56
<b>4.5</b>	<b>Porca de segurança . . . . .</b>	<b>57</b>
<b>4.6</b>	<b>Fixação do equipamento . . . . .</b>	<b>57</b>
<b>4.7</b>	<b>Alimentação e controle dos componentes elétricos . . . . .</b>	<b>62</b>
4.7.1	Inversor de frequência e CLP . . . . .	62
4.7.2	Alimentação da bobina de freio . . . . .	64
<b>4.8</b>	<b>Levantamento de custos . . . . .</b>	<b>64</b>
	<b>5 SISTEMAS COMPLEMENTARES . . . . .</b>	<b>67</b>
<b>5.1</b>	<b>Proteção contra queda . . . . .</b>	<b>67</b>
<b>5.2</b>	<b>Construção dos arredores . . . . .</b>	<b>67</b>
<b>5.3</b>	<b>Porta de pavimento . . . . .</b>	<b>68</b>
<b>5.4</b>	<b>Pintura . . . . .</b>	<b>68</b>
<b>5.5</b>	<b>Etiquetas, avisos e instrução de operação . . . . .</b>	<b>68</b>
	<b>6 CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>70</b>
<b>6.1</b>	<b>Considerações finais . . . . .</b>	<b>70</b>
<b>6.2</b>	<b>Sugestões para trabalhos futuros . . . . .</b>	<b>71</b>
	<b>Bibliografia . . . . .</b>	<b>72</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXO A – DESENHOS TÉCNICOS . . . . .</b>	<b>75</b>





# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Apresentação

Elevador ou ascensor é um equipamento destinado a mover objetos ou pessoas verticalmente. Plataformas de elevação tem a mesma finalidade que os elevadores: mover objetos ou pessoas verticalmente, porém em percursos menores, até 4m. Essa classificação garante diversas diferenças possíveis, principalmente nas diversas formas de acionamento. Acredita-se que o primeiro elevador tenha sido construído em Roma pelo engenheiro Vitrúbia. Era um mecanismo composto de um sistema de polias utilizado para mover cargas. A força de tração era humana, animal, ou pela força da água. O primeiro elevador elétrico foi instalado na Alemanha, em 1880 e foi construído por Werner von Siemens em 1880 [1].

Com a valorização dos imóveis que possuíam um elevador, muito foi desenvolvido na automação, mobilidade e segurança dos equipamentos. Atualmente, quase todos prédios que são construídos possuem o equipamento, sendo indispensável em diversos tipos de edifício e regulamentado em lei a partir de um determinado número de pavimentos. A instalação de elevadores agrega valor a praticamente qualquer imóvel em que é instalado, principalmente em residências, já que promovem além do conforto, acessibilidade. De acordo com os especialistas, o equipamento chega a valorizar um imóvel em até 20% e a demanda pelo produto cresce à medida em que as pessoas almejam mais conforto da porta da rua para dentro [2]. Possuir uma casa acessível não é meramente uma questão de conforto. É fundamental que os moradores de determinado local sejam capazes de acessar todos os cômodos.

## 1.2 Caracterização do problema

Segundo o IBGE: *"1,3% da população tem algum tipo de deficiência física e quase a metade desse total (46,8%) tem grau intenso ou muito intenso de limitações"*. Já no Distrito Federal, de acordo com o censo demográfico divulgado em 2013 [3], 104.400 pessoas (cerca de 4% da população) possuem deficiência motora, e 55,59% dessa população possui mais de 65 anos. Como o projeto visa a aplicação em residências de dois pavimentos, foi

importante verificar em quais regiões do DF essa população se encontra para confirmar a demanda.

A figura 1 traz os dados da distribuição de pessoas por região administrativa (RA) e na área rural que declaram possuir algum tipo de deficiência.

Regiões Administrativas	Nº de Pessoas	%
Gama	33.780	27,20
Riacho Fundo II	9.400	25,54
Samambaia	48.565	24,52
Santa Maria	28.272	24,36
Taguatinga	51.157	24,25
Recanto das Emas	27.426	24,25
Brazlândia	10.154	23,98
Ceilândia	94.691	23,92
Planaltina	37.507	23,77
Sobradinho	13.562	23,42
Sobradinho II	18.599	22,42
Total	573.805	22,33
Itapoã	11.046	22,01
Candangolândia	3.466	21,77
São Sebastião e Jardim Botânico	19.024	21,39
Guará	22.434	21,26
Riacho Fundo	6.988	21,02
Paranoá e Jardim Botânico	9.560	20,64
Área rural	20.083	20,08
Brasília	36.507	19,96
Sudoeste/Octogonal	9.688	18,95
Lago Norte e Varjão	7.832	18,82
Águas Claras	17.720	18,79
Núcleo Bandeirante	4.977	18,42
SIA	4.922	18,25
Lago Sul e Park Way	8.087	17,96
Cruzeiro	5.337	17,83
Vicente Pires	8.338	14,01
SCIA/Estrutural	4.679	13,17

Figura 1 – Número e percentual de pessoas que declaram ter algum tipo de deficiência por região administrativa e na área rural, conforme áreas de ponderação – Distrito Federal, 2010 [3]

Além das pessoas com deficiência, a população idosa também é alvo deste trabalho. Segundo dados do Ministério da Saúde, o Brasil, em 2016, tinha a quinta maior população idosa do mundo, e, em 2030, o número de idosos ultrapassará o total de crianças entre zero e 14 anos. No Distrito Federal, segundo um estudo realizado pela Codeplan [4], Em 2010, o Distrito Federal tinha 197.613 pessoas com 60 anos ou mais, o que representa 7,69% de sua população, além disso, o percentual de idosos é maior na população do Lago Sul, onde esse grupo compõe quase 20% da população total. Essa parcela também é grande no Lago Norte (13,93%) e em Brasília (15,28%). Além disso, o aumento expectativa de vida simultaneamente com a redução da fecundidade, mostra que esses números só devem

aumentar nos próximos anos. A figura 2 mostra a distribuição da população idosa por região administrativa (RA) no DF.

Região Administrativa	População total	Total de idosos	
		N	%
Distrito Federal	2.570.160	197.583	7,69
Águas Claras	102.076	5.824	5,71
Brasília	208.666	29.061	13,93
Brazlândia	57.542	4.035	7,01
Candangolândia	15.924	1.264	7,94
Ceilândia	402.729	29.168	7,24
Cruzeiro	31.379	3.618	11,53
Gama	135.723	13.067	9,63
Guará	107.226	12.458	11,62
Itapoã	51.501	1.400	2,72
Jardim Botânico	23.124	1.881	8,13
Lago Norte	32.903	5.027	15,28
Lago Sul	29.537	5.893	19,95
Núcleo Bandeirante	22.810	2.140	9,38
Paranoá	46.365	2.444	5,27
Park Way	20.955	2.242	10,70
Planaltina	171.303	10.063	5,87
Recanto das Emas	122.619	4.732	3,86
Riacho Fundo	35.545	2.238	6,30
Riacho Fundo II	36.309	1.499	4,13
Samambaia	199.533	9.592	4,81
Santa Maria	118.782	5.481	4,61
São Sebastião	84.788	2.517	2,97
SCIA-Estrutural	30.388	803	2,64
SIA	2.488	43	1,73
Sobradinho	60.209	6.135	10,19
Sobradinho II	98.409	5.834	5,93
Sudoeste/Octogonal	49.696	3.946	7,94
Taguatinga	199.715	21.136	10,58
Varjão	8.724	244	2,80
Vicente Pires	63.192	3.798	6,01

Figura 2 – Percentual da população de 60 anos ou mais em relação à população total por Região Administrativa do Distrito Federal – 2010 [3]

Finalmente, foi necessário estabelecer em quais dessas regiões administrativas é possível que haja necessidade de um meio de acesso ao pavimento superior. A partir do cruzamento de dois dados (tipologia domiciliar e renda domiciliar per capita), é possível ter uma ideia das regiões que têm maior quantidade de residências de dois pavimentos. A figura 3 mostra que a maior parte das RAs possui em sua grande maioria, casas, já a figura 4 foi usada em conjunto, pois é mais provável que as residências de dois pavimentos estejam localizadas em regiões de alta e média alta renda.

Regiões Administrativas (RAs)	Densidade Urbana 2015 (hab./ha)	Tipologia Domiciliar	
		Casas (%)	Apart +Quitinete (%)
RA XXII - Sudoeste/Octogonal	104,77	0,11	99,89
RA I - Plano Piloto	20,64	9,19	90,45
RA XI - Cruzeiro	101,63	22,80	77,2
RA XX - Águas Claras	71,53	23,06	76,84
RA VIII - Núcleo Bandeirante	78,60	40,40	59,60
RA X - Guará	73,39	45,25	54,50
RA XVII - Riacho Fundo	86,06	68,00	32,00
RA III - Taguatinga	80,50	69,73	30,00
RA XVIII - Lago Norte	9,99	70,00	29,80
RA V - Sobradinho	41,73	75,42	23,57
RA XXIII - Varjão	142,27	75,75	20,44
RA XXIX - SIA	1,08	72,24	20,00
RA II - Gama	50,96	81,76	17,02
RA VII - Paranoá	92,26	85,28	12,98
RA XIX - Candangolândia	137,38	87,20	12,00
RA XII - Samambaia	103,31	89,29	10,49
RA IV - Brazlândia	93,52	89,85	7,40
RA XXVI - Sobradinho II	58,94	92,36	7,26
RA XIV - São Sebastião	112,75	92,71	6,61
RA VI - Planaltina	63,72	94,49	4,86
RA XIII - Santa Maria	57,60	94,57	4,84
RA IX - Ceilândia	129,94	94,36	4,25
RA XXI - Riacho Fundo II	83,59	95,99	2,92
RA XV - Recanto das Emas	117,88	96,98	2,76
RA XXIV - Park Way	3,50	97,80	2,20
RA XXVII - Jardim Botânico	8,91	98,40	1,60
RA XXXI - Fercal	29,57	97,80	1,00
RA XXVIII - Itapoã	81,93	98,80	0,80
RA XXX - Vicente Pires	31,95	98,48	0,76
RA XXV - SCIA/Estrutural	109,73	92,40	0,60
RA XVI - Lago Sul	6,66	98,80	0,40
Distrito Federal - DF	47,29	72,71	26,63

Figura 3 – Densidade Urbana x Tipologia Domiciliar nas RAs - 2015 [5]

Concluindo este breve estudo, é possível observar que os Grupos I e II (alta e média alta renda) possuem quase que na totalidade, casas, e que muitas delas, são de dois pavimentos. Também é importante ressaltar que a população idosa está em grande parte nessas regiões administrativas. Já a população com deficiência motora está distribuída de forma igualitária em todas regiões.

A partir das pesquisas realizadas é possível afirmar que a demanda de meios de acesso ao pavimento superior por pessoas com dificuldade de mobilidade, sejam idosos ou deficientes físicos, é alta, e tende a aumentar com o passar dos anos. O objetivo deste trabalho é inserido nessa demanda: projetar um equipamento capaz de transportar passageiros para um pavimento superior.



Regiões Administrativas (RAs)	Densidade Urbana 2015 (hab./ha)	Renda Per Capita 2015 (em Reais)	Grupos de Renda
RA XVI - Lago Sul	6,66	8.117,53	<b>Grupo I</b> <b>Alta Renda</b>
RA XXII - Sudoeste/Octogonal	104,77	6.589,90	
RA I - Plano Piloto	20,64	5.559,75	
RA XXIV - Park Way	3,50	5.207,54	
RA XVIII - Lago Norte	9,99	4.736,75	
RA XXVII - Jardim Botânico	8,91	3.930,39	
RA XX - Águas Claras	71,53	3.339,91	<b>Grupo II</b> <b>Média Alta Renda</b>
RA X - Guará	73,55	2.683,23	
RA XXX - Vicente Pires	31,95	2.757,51	
RA XI - Cruzeiro	101,63	2.725,23	
RA III - Taguatinga	80,50	1.998,14	
RA V - Sobradinho	41,73	1.775,79	
RA VIII - Núcleo Bandeirante	78,60	1.842,38	
RA XXVI - Sobradinho II	58,94	1.732,52	
RA XXIX - SIA	1,08	1.763,13	
RA XVII - Riacho Fundo	86,06	1.624,19	<b>Grupo III</b> <b>Média Baixa Renda</b>
RA XIX - Candangolândia	137,38	1.460,98	
RA II - Gama	50,96	1.396,93	
RA IV - Brazlândia	93,52	983,66	
RA VI - Planaltina	63,72	933,80	
RA XII - Samambaia	103,31	914,75	
RA XXI - Riacho Fundo II	83,59	930,37	
RA IX - Ceilândia	129,94	914,61	
RA XIV - São Sebastião	112,75	966,96	
RA XIII - Santa Maria	57,60	887,63	
RA XV - Recanto das Emas	117,88	803,92	
RA VII - Paranoá	92,26	756,88	
RA XXVIII - Itapoã	81,93	702,38	
RA XXIII - Varjão	142,27	627,81	<b>Grupo IV</b> <b>Baixa Renda</b>
RA XXXI - Fercal	29,57	625,64	
RA XXV - SCIA/Estrutural	109,73	521,80	
Distrito Federal - DF	47,29	1.652,97	

Figura 4 – Densidade Urbana x Renda Domiciliar Per Capita das RAs - 2015 [5]

### 1.3 Motivação

Este trabalho foi motivado principalmente por uma necessidade familiar: uma casa que conta apenas com lances de escadas para chegar ao piso superior onde os moradores são idosos. Deste modo, há necessidade de algum equipamento capaz de promover acessibilidade e melhorar a qualidade de vida das pessoas que ali residem. Por consequência, após os estudos concluídos, observou-se uma demanda importante para este tipo de equipamento.

## 1.4 Objetivo geral e específicos

O objetivo deste trabalho é projetar um equipamento capaz de promover o acesso do térreo para o segundo andar em uma casa de dois pavimentos. A partir dos resultados obtidos, levando em conta aspectos econômicos e técnicos, será analisada a possibilidade de se implementar o projeto na residência em questão.

Para sua viabilidade, é necessário que o projeto seja seguro, de baixo custo, de construção simples, com a menor quantidade possível de componentes que possam ser obtidos no mercado nacional e de uso fácil.

São objetivos específicos do trabalho:

- Estudar as máquinas de elevação usuais em residências;
- Avaliar a tecnologia mais apropriada para a oportunidade definida;
- Dimensionar e/ou selecionar os elementos relacionados ao sistema escolhido.

## 1.5 Metodologia

Primeiramente, os objetivos foram estabelecidos, e após, a partir de um fluxograma de projeto, foi elaborada a forma de abordagem ao problema.

### 1.5.1 Fluxograma do projeto

A figura 5 ilustra por meio de um fluxograma de blocos a sequência adotada para conclusão do projeto.

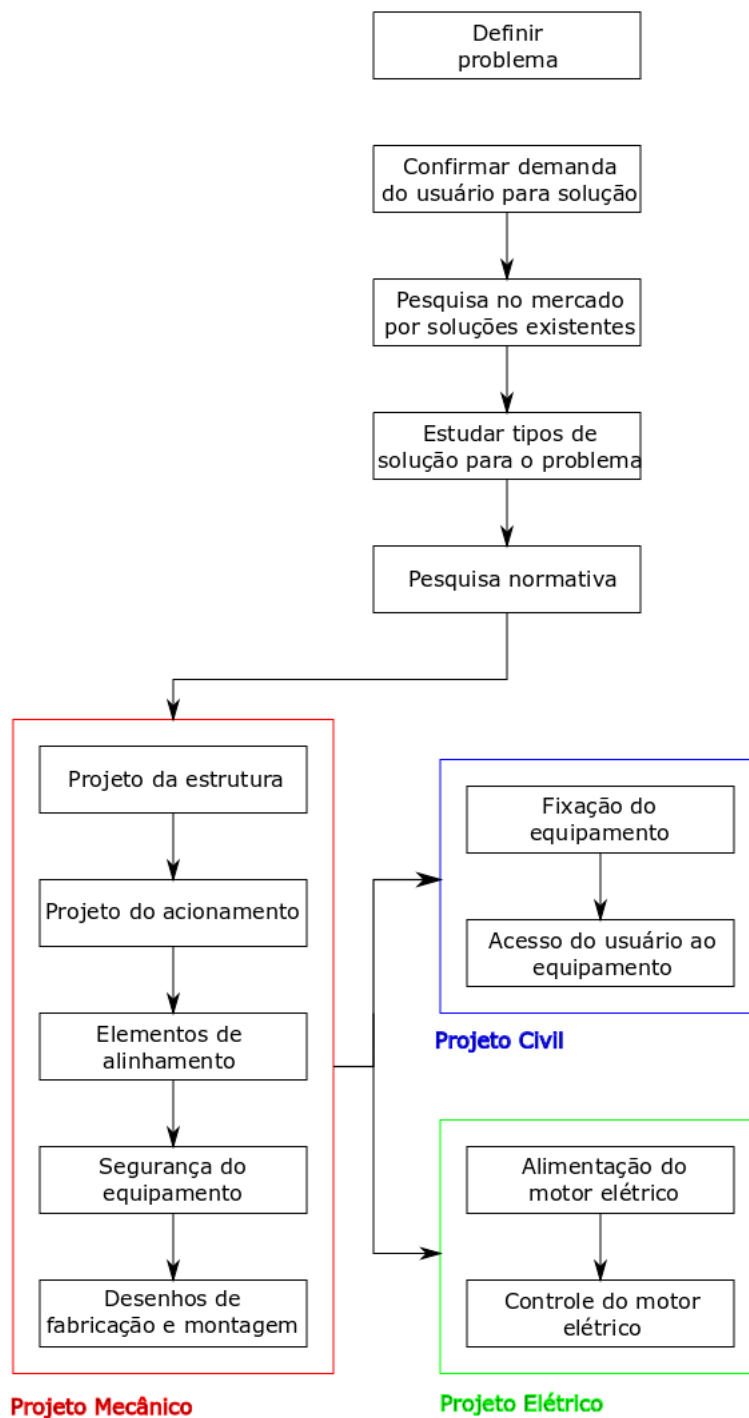


Figura 5 – Fluxograma de trabalho

## 2 MÁQUINAS DE ELEVAÇÃO RESIDENCIAIS

Este capítulo apresenta o estudo sobre os tipos e formas de elevação residencial e a comparação de alguns modelos disponíveis comercialmente. As informações gerais aqui citadas foram retiradas dos diversos sites de elevadores dos fabricantes, fornecedores de peças e artigos gerais sobre elevadores. ([6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13])

### 2.1 Terminologia

Os termos citados a seguir são utilizados no trabalho. A definição aqui apresentada corresponde unicamente para a área de elevação. A figura 6 é um esquema de um elevador comum com casa de máquinas. Nela é possível observar os componentes principais de um elevador e ter uma noção geral do sistema. As duas diferenças principais para uma plataforma de elevação são: ausência de uma porta automática, que é obrigatório em elevadores, além do sistema de acionamento. O acionamento pode ser feito de diversas formas, inclusive por cabo de aço e será explicado na seção 2.2.

- Ascensor ou elevador: aparelho estacionário provido de cabina que se move aproximadamente na vertical entre guias, servindo a níveis distintos e destinado ao transporte de pessoas e carga [14];
- Plataforma de elevação: dispositivo permanentemente instalado para servir níveis fixos de pavimentos, compreendendo uma plataforma guiada cujas dimensões e forma de construção permitem o acesso de passageiro(s) com deficiência, com ou sem cadeira(s) de rodas [15];
- Cabina: parte do elevador que transporta passageiros e objetos [14];
- Plataforma: estrutura plana e substancialmente horizontal que é parte da plataforma de elevação e suporta um usuário ou usuários [15];
- Cabo de segurança: cabo auxiliar fixado ao carro ou ao contrapeso, com a intenção de acionar o freio de segurança, caso quebre a suspensão [14];



- Carga nominal: carga para a qual o equipamento foi construído [14];
- Caixa: espaço protegido no qual a plataforma viaja [15];
- Contrapeso: massa que assegura a tração (em elevadores acionados por cabos) [14];
- Freio de segurança: dispositivo mecânico para parar e manter travado nas guias o carro do elevador ou o contrapeso, em caso de sobrevelocidade no sentido de descida ou de ruptura da suspensão [14];
- Guia: componentes rígidos destinados a manter a direção do movimento do carro ou do contrapeso [15];
- Limitador de velocidade: dispositivo que, quando o elevador atinge uma velocidade predeterminada, causa a parada do elevador e, se necessário, aciona o freio de segurança [14];
- Máquina: unidade que inclui o motor que aciona e para o elevador [14].

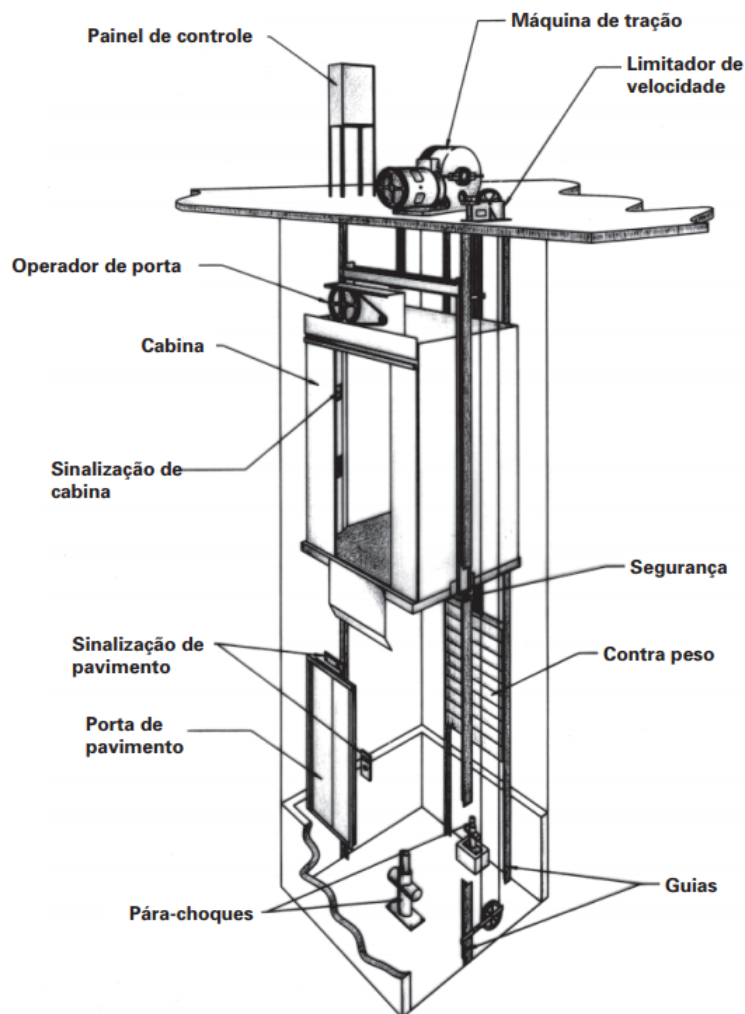


Figura 6 – Esquema do elevador com casa de máquinas [6]

## 2.2 Formas de elevação residencial

Existem diversos tipos de plataformas de elevação ou elevadores. Alguns tipos utilizados são: elevadores elétricos, também chamados de elevadores de contrapeso, elevadores hidráulicos, elevadores acionados por fuso, elevadores de cremalheira e elevadores a vácuo. A seguir há uma descrição de cada tipo descrito, mostrando aspectos positivos e negativos de cada um para utilização em residências.

### 2.2.1 Elevador elétrico ou elevador de contrapeso

É o tipo de elevador mais utilizado em prédios comerciais com muitos pavimentos e também na elevação residencial. O sistema funciona da seguinte forma: O carro e o contrapeso são suspensos por cabos de aço que passam por polias instaladas na casa de máquinas. A máquina de tração é responsável pelo movimento ascendente e descendente do carro e contrapeso (funcionam de forma inversa: quando o carro sobe o contrapeso desce e vice-versa), fazendo a polia de tração girar na velocidade e sentido desejados. O contrapeso, tem por função aliviar o esforço no motor, e o conjunto tem de 40 a 50% a mais de massa que a carga nominal.

No passado, havia o inconveniente do espaço ocupado para acomodar todo o sistema. Era necessário uma casa de máquinas acima do poço para acomodar o quadro de comando, motor, redutor e limitador de velocidades, porém o avanço tecnológico proporcionou a possibilidade da ausência desse espaço tornando o elevador muito mais compacto e fazendo com que sua instalação fosse mais prática e adaptável a qualquer projeto. Os equipamentos elétricos também contavam com outra desvantagem: os motores não tinham um controle adequado, fazendo com que a aceleração e frenagem fossem bruscas e desconfortáveis. Hoje em dia a maioria desses motores conta com um inversor de frequência, onde é possível programar tempo de frenagem e aceleração, gerando grande suavidade na viagem. A figura 7 ilustra um elevador sem casa de máquinas.

A própria norma NBR16042 reforça o parágrafo anterior: *"A ABNT NBR NM 207, ao definir requisitos para elevadores elétricos, estabelece a necessidade de uma casa de máquinas e casa de polias especiais para abrigo da maquinaria. A tecnologia moderna, porém, demonstra que a maquinaria, ou parte dela, ou parte de seus componentes não necessitam estar dentro de uma casa de máquinas especial e podem ser colocadas na caixa ou fora dela."*[14]



Figura 7 – Ilustração do elevador sem casa de máquinas [6]

### 2.2.2 Elevador hidráulico

Os elevadores hidráulicos apresentam o funcionamento um pouco diferente dos anteriores por apresentarem uma central hidráulica que é responsável por mover um pistão que eleva a cabina. A central hidráulica é composta pelo reservatório do fluido, bomba e válvula.

Assim como o elevador elétrico com casa de máquina, este sistema deve possuir algum espaço reservado, mas dessa vez para acomodar a central hidráulica que é mais compacta e pode ficar localizada abaixo do poço ou até mesmo distante do elevador, como pode ser observado na figura 8. Esse elevador agrega à estética, já que não há cabos visíveis, e a algum tempo atrás, tinha a preferência de engenheiros e arquitetos pois seu concorrente principal era o elevador elétrico que contava com o inconveniente da casa de máquinas. Além disso, havia segurança em caso de falta de energia elétrica, com descida segura pela força da gravidade e o conforto era maior, pois havia suavidade na aceleração e frenagens.

Alguns aspectos negativos, fizeram com que esse elevador fosse superado pelo elevador sem casa de máquinas são o alto consumo de energia, operação mais lenta quando comparado ao elétrico e a grande quantidade de óleo, que gera mais custo com manutenção e impacto ao meio ambiente.

A limitação desse sistema é na utilização para edificações de até cinco ou seis andares (15 a 18 metros). A partir dessa altura há inviabilidade econômica e técnica: a

pressão no fluido começa a cair tanto pela coluna de fluido quanto pela perda de carga, requerendo bombas muito potentes.

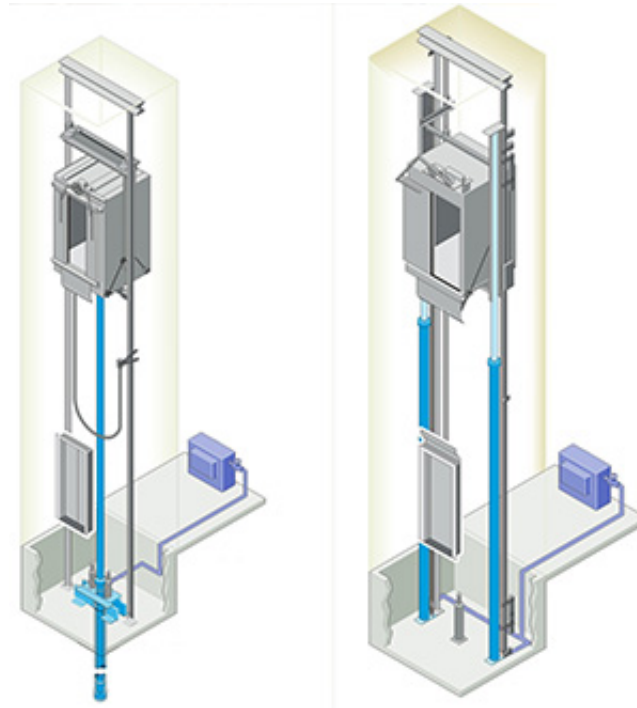


Figura 8 – Ilustração do elevador hidráulico [7]

### 2.2.3 Elevador acionado por fuso

O elevador acionado por fuso é um elevador que conta com um ou mais parafusos sem fim e uma porca ou castanha. Em geral, o acionamento é feito transferindo torque do motor ao fuso. Desta forma a castanha fica fixa e acoplada à estrutura, e o fuso gira, resultando em movimento linear da porca e consequentemente da estrutura acoplada a ela.

Existem três problemas principais associados a utilização desse tipo de acionamento: o atrito do fuso com a porca limita a velocidade linear de contato, fazendo que o deslocamento da cabina seja muito lento. Os rendimentos são muito baixos, na faixa de 40 a 50%, e o comprimento do fuso é limitado para velocidades altas de rotação. A solução para os dois primeiros problemas é a utilização de um fuso de esferas. Além do fuso próprio, a castanha conta com um conjunto de esferas de metal que funcionam de forma semelhante a um rolamento, porém são recirculantes e garantem a diminuição do atrito, permitindo maiores velocidades e menor atrito. O rendimento chega a ser superior a 90%. porém a rotação ainda é limitada pelo comprimento do fuso. A solução para o terceiro problema é rotacionar a castanha, e não o fuso. Isso faz com que as velocidades atingidas possam ser bem mais altas e o comprimento do fuso já não seja um fator limitante. A figura 21 ilustra o fuso de esferas:



Figura 9 – Vista esquemática do fuso de esferas [8]

Essa solução é muito interessante e é utilizada em alguns elevadores comercializados no exterior. A figura 10 ilustra o funcionamento da plataforma de elevação da empresa sueca Cibes Lift [9], que possui fuso de esferas e castanha rotativa.



Figura 10 – Funcionamento do elevador acionado por fuso [9]

### 2.2.4 Elevador de cremalheira

Elevadores de cremalheira funcionam com um pinhão e cremalheira, como pode ser observado na figura 11. O pinhão é instalado diretamente na saída do eixo do motor ou redutor que fica acoplado à cabina, enquanto a cremalheira fica instalada no poço ou caixa. Esse tipo de elevador é geralmente utilizado na construção civil, pela velocidade na instalação e alta capacidade de carga. Já na elevação residencial é limitado pela dificuldade na compra do freio de segurança destinado à aplicação, além de muito ruído, já que o motor fica embaixo da cabina e o contato dos dentes também acontece muito próximo do usuário.



Figura 11 – Pinhão e cremalheira [16]

### 2.2.5 Elevador a vácuo

Elevadores à vácuo tem seu princípio de funcionamento baseado na sucção de ar da parte superior da caixa hermeticamente fechada para gerar uma diferença de pressão entre a parte superior e inferior, fazendo a cabina subir. Seu funcionamento pode ser entendido de forma semelhante a uma seringa. Para descida, é feita com a inserção de ar, diminuindo a diferença de pressão e promovendo a descida. Possui vantagem de instalação em espaço compacto e estética, enquanto que a limitação principal encontra-se na área extremamente pequena para acomodação dos passageiros, já que áreas maiores de cabina influenciam diretamente no volume maior para se reduzir a pressão. Além disso, ele é capaz de elevar somente pequenas cargas e gera muito ruído pelo uso dos compressores.

## 2.3 Elevadores residenciais disponíveis no mercado

Elevadores residenciais e plataformas de elevação são oferecidos tanto por empresas de pequeno e médio porte que situam-se apenas no nicho de elevadores residenciais,

quanto pelas maiores fabricantes de elevadores do mundo. A seguir são apresentados alguns modelos de diversos fabricantes com informações sobre o produto.

### 2.3.1 Elevador residencial Thyssenkrupp - Levità



Figura 12 – Elevador Levità [11]

Tabela 1 – Características elevador residencial Levità

Fabricante	Thyssenkrupp
Modelo	Levità
Número de passageiros	3
Carga	225kg
Velocidade nominal	21 m/min(máx)
Percurso máximo	12 m
Acionamento	Cabos de aço

### 2.3.2 Equipamentos para residências - Montele

A empresa brasileira Montele elevadores oferece o modelo de elevador residencial H3 com características descritas na tabela 2 iguais as do ao elevador citado no item 2.3.1, além da plataforma de elevação PL200, com acionamento por fuso (figura 13 e tabela 3).





Figura 13 – Plataforma de elevação PL200 [12]

Tabela 2 – Características elevador residencial H3

Fabricante	Montele
Modelo	H3
Número de passageiros	3
Carga	225kg
Velocidade nominal	21 m/min(máx)
Percurso máximo	12 m
Acionamento	Cabos de aço

Tabela 3 – Características da plataforma de elevação PL200

Fabricante	Montele
Modelo	PL200
Número de passageiros	1 cadeirante ou 2 passageiros
Carga	275kg
Velocidade nominal	6 m/min
Percurso máximo	4 m
Acionamento	Fuso

### 2.3.3 Equipamentos para residências - Daiken

Por último, a empresa brasileira Daiken, que possui diversos modelos: Unique, Tecno, EH01 e Acess, além das plataformas de elevação AC08 14 e AC11. Todos os elevadores possuem características muito semelhantes e o as características do elevador que mais se adequa à aplicação é apresentado na tabela 4, por ter um menor percurso e



capacidade de carga para 3 passageiros.

As plataformas de elevação diferem apenas pela caixa e apresentam as mesmas especificações. É interessante observar que todos os modelos da empresa possuem acionamento hidráulico.

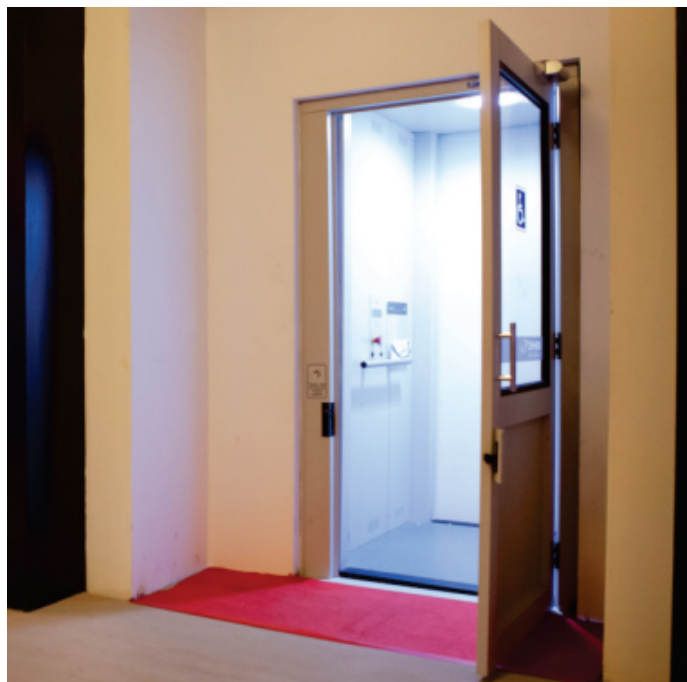


Figura 14 – Plataforma de elevação AC08 [12]

Tabela 4 – Características elevador residencial Unique

Fabricante	Daiken
Modelo	Unique
Número de passageiros	3
Carga	225kg
Velocidade nominal	18 m/min(máx)
Percurso máximo	16 m
Acionamento	Hidráulico

Tabela 5 – Características da plataforma de elevação AC11

Fabricante	Daiken
Modelo	AC11
Número de passageiros	2
Carga	325kg
Velocidade nominal	6 m/min
Percurso máximo	4 m
Acionamento	Hidráulico

## 2.4 Normas relevantes

Após pesquisa sobre o tema, as normas que se aplicam ao projeto de elevador e plataformas foram estudadas e listadas a seguir com uma breve descrição.

- NBR 9386-1 - Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida - Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional. Parte 1 - Plataformas de elevação vertical. [15]

A norma especifica os requisitos de segurança, dimensões e funcionamento para as plataformas de elevação motorizadas instaladas permanentemente e projetadas para uso por pessoas com mobilidade reduzida. Define, por exemplo, limites de percurso e acionamento, dimensões da cabine, enclausuramento e proteções.

Principais pontos:

- Percurso máximo - até 4 metros;
  - Acionamento não automático - exige pressão constante no botão ou joystick;
  - As plataformas não possuem porta de cabine, somente portas de pavimento. Os modelos com cabine possuem pelo menos uma face aberta, que é a do acesso;
  - A implantação requer enclausuramento completo para percursos acima de 2 m;
  - Velocidade nominal máxima - 0,15 m/s;
  - Carga nominal- superior a 250 kg.
- NBR 12892 - Projeto, fabricação e instalação de elevador unifamiliar. [17]

A norma NBR 12892 trata de características e limitações ao projeto, fabricação e instalação de elevadores em residências unifamiliares e também dá ênfase na utilização desse modelo de elevador em locais públicos como meio de transporte restrito para pessoas que dependem de um elevador. Esse elevador possui vantagens em comparação à um elevador comum de passageiros pela sua empregabilidade, já que ocupa menos espaço, possui menor custo de implantação e maior facilidade para adequação em edificações.

Principais pontos:

- Percurso máximo - até 12 metros;
  - Capacidade máxima - 3 pessoas ou 225 kg;
  - Área interna da cabina: 1,2 m<sup>2</sup>;
  - Velocidade: até 0,35 m/s.
- NBR 16042 - Elevadores elétricos de passageiros — Requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores sem casa de máquinas. [14]

A norma tem como objetivo especificar regras de segurança para a construção e instalação de elevadores elétricos novos, sem casa de máquinas, instalados permanentemente, servindo pavimentos definidos, com carro projetado para o transporte de pessoas e objetos, com acionamento por tração, suspenso por cabos e movendo-se entre guias inclinadas no máximo 15 graus com a vertical.

Principais pontos:

- Capacidade mínima - 4 pessoas ou 300 kg;
- Área interna definida pelo número de passageiros;
- NBR 10982 - Elevadores elétricos - Dispositivos de operação e sinalização.[18]  
Esta Norma padroniza os dispositivos de operação e sinalização utilizados pelos passageiros, com o objetivo de uniformizá-los e facilitar a sua utilização e compreensão.
- NBR 8800 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.[19]

A NBR 8800 fornece as diretrizes fundamentais a serem seguidas para dimensionamento de estruturas de aço. Esta norma, baseando-se no método dos estados-limites, estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos no projeto à temperatura ambiente de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificação nas quais os perfis de aço sejam laminados, soldados ou seção tubular (com ou sem costura) e as ligações sejam executadas com parafusos e/ soldas.

## 3 PROJETO CONCEITUAL

O objetivo deste capítulo é formular adequadamente o problema, que consiste em adaptar a residência para facilitar a acessibilidade do usuário idoso ao segundo pavimento, o que será possível com a execução do projeto de um sistema de elevação.

Inicialmente são definidas as necessidades do usuário e buscadas informações sobre os sistemas construtivos, tecnologias, e materiais possíveis de serem empregados e assim estabelecidos os requisitos técnicos e funcionais.

Alternativas são levantadas para atender aos requisitos e após avaliadas as possíveis soluções é selecionada a que melhor atende e descritos os seus elementos constituintes.

### 3.1 Definição de metas

- Realizar estudos a cerca dos equipamentos disponíveis no mercado;
- Realizar estudo da planta da residência;
- Desenvolver projeto estrutural do equipamento;
- Desenvolver projeto mecânico;
- Verificar questões em relação aos projetos civil e elétrico;
- Analisar orçamento e viabilidade de implementação;
- Gerar desenhos de fabricação;

### 3.2 Estudo da residência

A residência de que trata o projeto do sistema de elevação é uma edificação de dois pavimentos ocupando uma área de aproximadamente  $450\text{ m}^2$ . A figura 15 mostra uma foto parcial da residência.

Um estudo preliminar foi realizado para avaliar o local sugerido pelo usuário para instalação do equipamento. A princípio, o local deve atender ao projeto, visto que possui

dimensões de 1,8 x 1,8 m, espaço superior aos exigidos em catálogos dos fabricantes citados na seção 2.3.

Além disso, o telhado possui um recorte, que antigamente servia para deixar o local exposto ao céu, figura 16. Esse recorte foi fechado com estrutura de aço e telhas que podem ser facilmente retiradas, facilitando a instalação e, a princípio, modificações no telhado não serão necessárias.



Figura 15 – Foto do da residência

Um modelo foi feito no software SolidWorks, ilustrando apenas da área de interesse (figura 17). Este modelo foi feito com as dimensões em escala da residência para prever como será a disposição dos componentes projetados e selecionados.



Figura 16 – Residência estudada, telhado a ser retirado

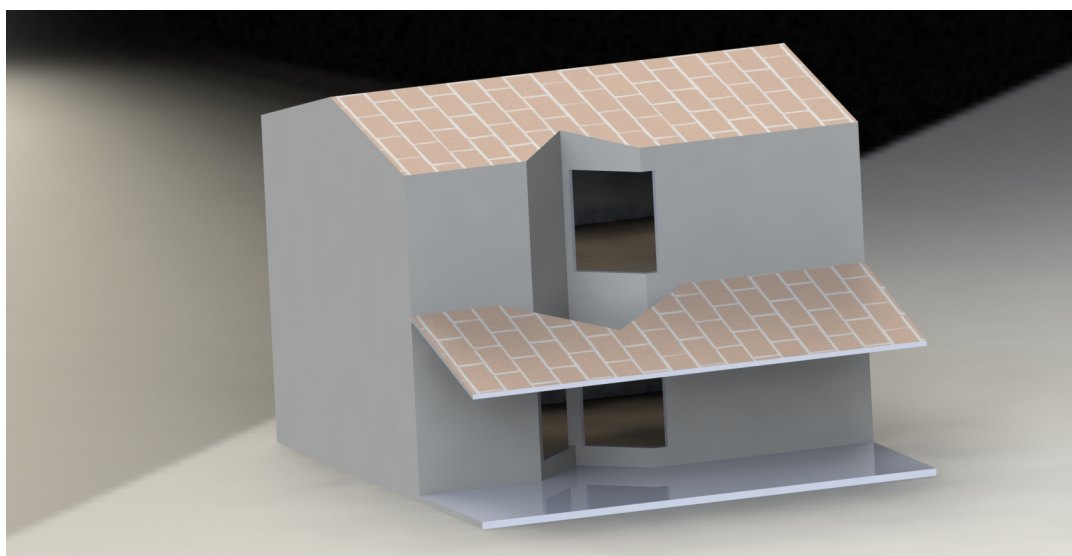


Figura 17 – Modelo em SolidWorks da área para implementação do equipamento

As figuras 18 e 19 são da planta da casa indicando o espaço destinado ao equipamento e às portas de pavimento, além da escada, que atualmente é o único meio de acesso ao pavimento superior.



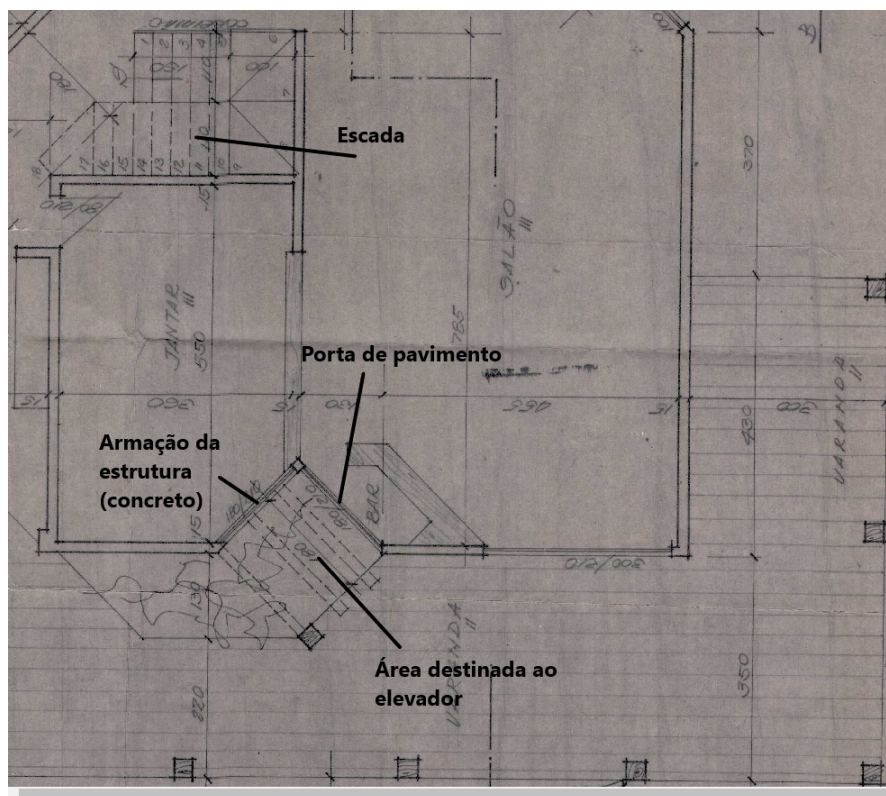


Figura 18 – Planta da residência - Pavimento inferior

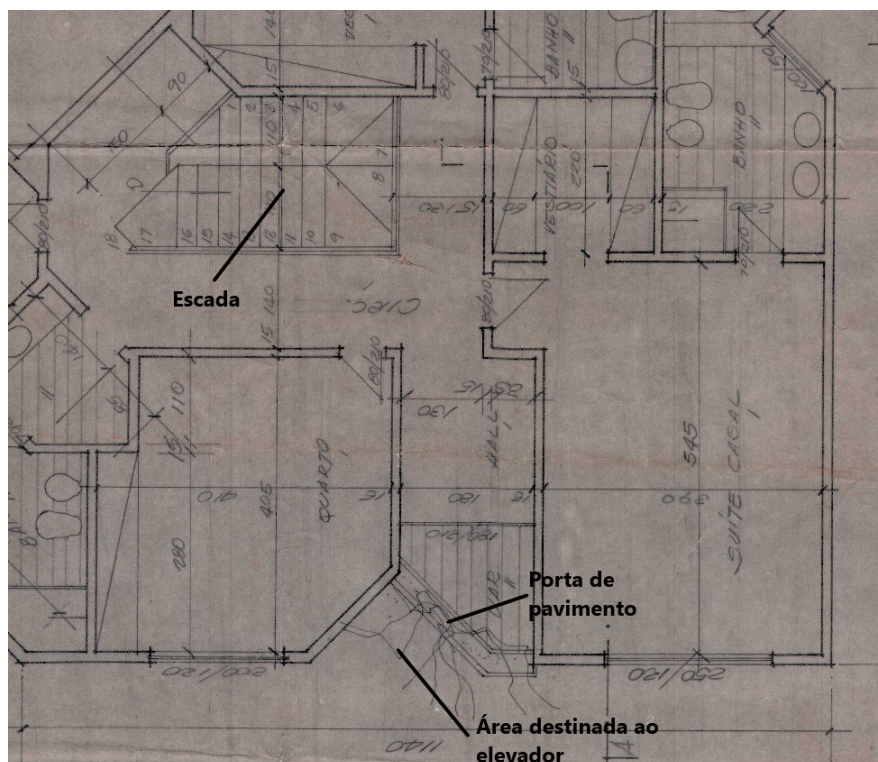


Figura 19 – Planta da residência - Pavimento superior

### 3.3 Avaliação das possíveis soluções

A partir do estudo normativo, foram determinadas três soluções possíveis, cada uma regida por uma norma: plataforma (NBR 9386-1), elevador residencial (NBR 12892) e elevador de passageiros (NBR 16042). Pelo fato do produto final ser para elevação de apenas um pavimento, ou seja, cerca de 3 metros, a solução adotada será uma plataforma de elevação. Além disso, a norma garante uma liberdade muito maior ao projeto, pois diversas formas de acionamento são possíveis, além de menos restrições à construção do equipamento e simplicidade de forma geral.

A norma NBR 9386-1 [15] aborda 8 tipos diferentes de acionamento para plataformas de elevação: cabos, cremalheira, corrente, fuso, cabo guiado, parafuso dentado, mecanismo tipo tesoura e hidráulico. A seguir, foram listadas as vantagens e desvantagens principais de cada tipo.

- Cabos de suspensão:

- Vantagens:

- \* Ampla disponibilidade de cabos e polias;
    - \* Sistema com poucos componentes;
    - \* Segurança, elementos do cabo falham de forma progressiva e é possível detectar com facilidade.

- Desvantagens:

- \* Custo elevado do freio;
    - \* Necessidade da estrutura para montagem do motor no topo da cabina.

- Pinhão e cremalheira:

- Vantagens:

- \* Ampla disponibilidade dos componentes de acionamento;
    - \* Sistema com poucos componentes;

- Desvantagens:

- \* Muito ruído devido ao contato dos dentes com a cremalheira;
    - \* Dificuldade na compra de freio com capacidade de carga reduzida, pois como é geralmente utilizado na construção civil para elevação de carga, os equipamentos disponíveis no mercado são para alta capacidade.

- Corrente;

- Vantagens:

- \* Ampla disponibilidade dos componentes de acionamento;



- \* Sistema com poucos componentes;
- Desvantagens:
  - \* Falha do elo leva à falha de todo componente de tração;
  - \* Muito ruído;
  - \* Custo elevado da corrente;
  - \* Custo elevado do freio;
  - \* Necessidade da estrutura para montagem do motor no topo da cabina.
- Porca e fuso de esferas;
  - Vantagens:
    - \* Pouco ruído;
    - \* Sistema com poucos componentes;
    - \* Aceleração e desaceleração suaves;
    - \* Utilização de uma porca de segurança como elemento de frenagem emergencial, diminuindo custo.
  - Desvantagens:
    - \* Montagem mais complexa em relação os anteriores;
    - \* Necessidade de fabricação com precisão;
- Cabo guiado e esferas;
  - Vantagens:
    - \* Pouco ruído;
  - Desvantagens:
    - \* Complexidade do sistema;
    - \* Custo elevado;
    - \* Pouca disponibilidade de componentes.
- Mecanismo do tipo tesoura;
  - Vantagens:
    - \* Pouco ruído;
    - \* Sistema de frenagem de emergência simples;
    - \* Segurança.
  - Desvantagens:
    - \* Dificuldade na compra dos componentes;
    - \* Estética;
    - \* Complexo em comparação aos outros tipos.

- Hidráulico
  - Vantagens:
    - \* Pouco ruído;
    - \* Sistema de frenagem de emergência simples;
    - \* Segurança.
  - Desvantagens:
    - \* Custo elevado;
    - \* Manutenção constante;
    - \* Troca e descarte do óleo.

As plataformas de elevação pesquisadas disponíveis no mercado utilizam principalmente acionamento hidráulico, por fuso ou por cabo. Diversos motivos podem ser levantados para escolha desses três sistemas, entre eles: menor quantidade de componentes, pouco ruído e custo reduzido. Pelas vantagens e desvantagens listadas acima, além de ter como objetivo redução de custo e maior simplicidade, o sistema de acionamento por fuso foi escolhido.

## 3.4 Componentes da plataforma acionada por fuso de esferas

Nessa seção serão abordados os diferentes componentes de uma plataforma de elevação acionada por fuso. O equipamento foi dividido em 5 subsistemas: estrutura da plataforma, acionamento, guias e alinhamento, segurança e componentes elétricos. Cada um deles será detalhado a seguir. A figura 20 é um esquema que mostra as diferentes partes do equipamento projetado.

### 3.4.1 Estrutura

A estrutura é responsável por suportar o peso dos passageiros. É construída a partir de perfis de aço soldados ou parafusados. A maioria das plataformas é sustentada excentricamente, já que as velocidades são de até 0,15 m/s e as cargas são baixas em comparação com elevadores convencionais. As dimensões mínimas são dadas de acordo com a norma NBR e obedecem o tipo de uso, segundo a tabela 6 [15].

### 3.4.2 Acionamento

O acionamento da plataforma será feito por um fuso de esferas. Esses fusos são equipamentos que funcionam através de esferas que realizam um movimento helicoidal

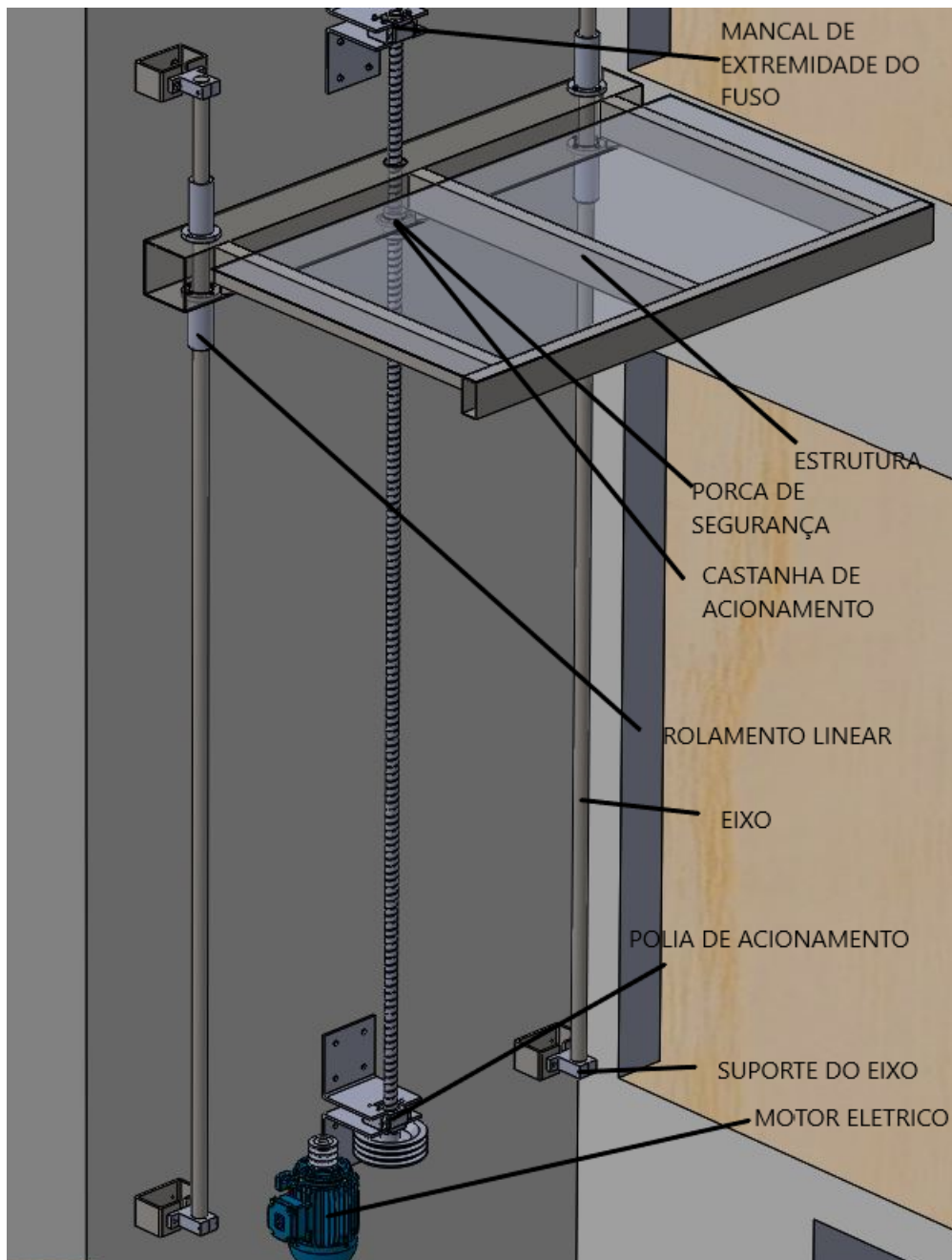


Figura 20 – Ilustração dos principais componentes da plataforma projetada

entre o eixo do fuso e da castanha. Quando comparado com os fusos convencionais trapezoidais, este necessita cerca um terço do torque de transmissão necessário ao trapezoidal, o que torna-o mais adequado para a economia de energia, diminuição na potência do motor, diminuição do ruído e vibração. Na aplicação mais comum, um fuso com mancais nas extremidades recebe movimento de giro de um motor e, por contato direto com esferas de aço que se alojam entre a castanha e o fuso, provoca o deslocamento de uma castanha ou porca (onde está presa a carga a ser movimentada). O movimento pode também ser obtido com uso de castanha rotativa, onde a porca recebe o torque do motor, enquanto o fuso fica estático. As esferas metálicas são, por sua vez, guiadas e realimentadas por canais de recirculação na castanha ou porca, dando linearidade e suavidade ao movimento, como

Tabela 6 – Dimensões mínimas da plataforma [15]

Uso principal	Dimensões planas mínimas (largura x comprimento)
Quando as portas estão localizadas a 90° entre si (acompanhante ao lado da cadeira de rodas)	1 100 x 1 400
Acompanhante em pé atrás do usuário de em cadeira de rodas	800 x 1 600
Usuário só, tanto em pé como em cadeira de rodas	800 x 1 250
Usuário só e em pé (não adequado para uso com cadeira de rodas)	650 x 650
Usuário só e em pé (com percurso de até 500 mm)	325 x 350

ilustrado na figura 21.

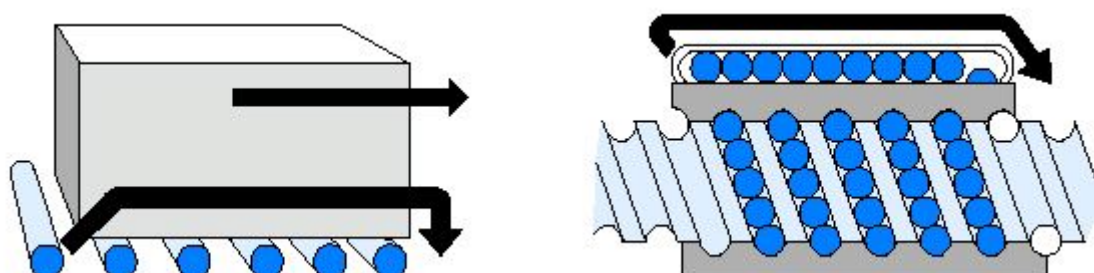


Figura 21 – Esquema de funcionamento do fuso de esferas [8]

Para especificação do fuso, são considerados principalmente três dados: comprimento, diâmetro e passo. O passo é definido pelo deslocamento linear da castanha quando se dá uma volta de 360° no fuso (nem sempre a distância entre os flancos é o passo, pois existem fusos com mais de uma entrada). Se forem desejadas altas velocidades de deslocamento, é recomendável utilizar fusos com grandes passos. Os passos mais empregados são 5 e 10mm, além dos passos largos de 16, 20, 25, 32 e 40 mm. O fuso pode ser também de rosca esquerda (LH) ou rosca direita (RH). O comprimento é retirado diretamente da aplicação desejada, enquanto que o diâmetro é dado em função do comprimento do fuso (em geral, é recomendado que o diâmetro seja de no mínimo comprimento/100), além da rotação máxima e carga deslocada. Por último, é importante ressaltar que os fusos podem ser retificados ou laminados. Fusos retificados são destinados a aplicações que requerem precisões elevadas, da ordem de décimos de milímetros, necessário em algumas aplicações como impressoras 3D e máquinas CNC. Já fusos laminados são utilizados nas aplicações mais comuns.

Fusos de esferas são projetados para receber carga axial. Cargas radiais excessivas podem resultar em empenamento do fuso, travamento da castanha e defeitos na pista das esferas. Por este motivo, são utilizadas guias que serão explicadas no próximo tópico. A lubrificação do fuso é feita com graxa ou óleo lubrificante, que além de diminuir o atrito, impede a entrada de impurezas na castanha, que pode levar ao desgaste excessivo e aumento de ruído.

### 3.4.3 Guias e alinhamento

Como comentado anteriormente, fusos não são projetados para receber carga radial. Por este motivo, todo o fuso deve ser guiado por meio de rolamentos lineares ou guias lineares. O número mínimo de guias no projeto deve ser preferencialmente de duas por fuso de esferas.

Os rolamentos lineares também chamados de buchas de esferas são rolamentos composto por uma gaiola de polímero com segmentos de pista de aço temperado e raspadores. Os rolamentos lineares trabalham conjugado com eixos lineares e as aplicações são as mais diversas, incluindo máquinas e equipamentos industriais e fabris, como, por exemplo, prensas, máquinas para afiação, máquinas para embalagens, furadeiras, máquinas de impressão, entre outras. Geralmente são suportados apenas nas extremidades. Os rolamentos lineares podem ser simples, flangeados ou montados em um casulo de alumínio denominado pillow block. A figura 22 ilustra diferentes tipos de rolamento linear.



Figura 22 – Figura ilustrativa de rolamentos lineares [8]

As guias lineares são semelhantes aos rolamentos lineares, porém fornecem alta precisão, rigidez e bom deslocamento. Seu uso se deve ao grande ângulo de contato, que reduz a folga, fornecendo capacidade de carga elevada feita em movimentos bem suaves. Sua aplicação é geralmente justificada em sistemas complexos com eixos múltiplos. A figura 23 esquematiza esse equipamento.

### 3.4.4 Freios e segurança

De acordo com a ABNT NBR ISO 9386-1:2013, o equipamento precisa ter duas formas para parada. A primeira atua diretamente no motor e geralmente é um freio eletromagnético normalmente fechado, enquanto que a segunda forma deve ser contra falha do sistema de acionamento.

O freio eletromagnético trabalha normalmente fechado. Ele é liberado apenas com a energização da bobina. Ao desligar o motor da rede, é interrompida também a corrente da bobina do freio, que deixa de atuar. Com isso, as molas de pressão empurram

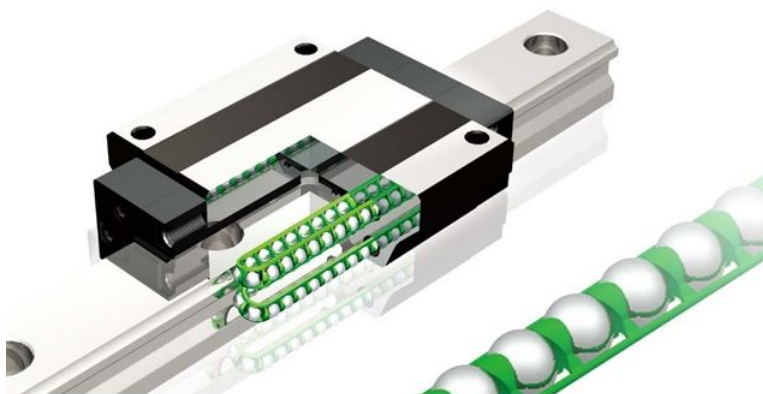


Figura 23 – Esquema de uma guia linear [8]

a armadura na direção do motor fazendo com que o disco de frenagem seja comprimido entre a armadura e a tampa traseira, freando o motor. Em uma nova partida, o sistema simultaneamente liga o motor e energiza a bobina do freio. A armadura é atraída contra a carcaça da bobina do freio vencendo a pressão das molas e deixando o disco de frenagem livre, que se desloca axialmente, ficando afastado das superfícies de atrito. Assim, o disco é liberado cessando a ação de frenagem e deixando o motor partir livremente. A figura 24 ilustra o funcionamento do freio do motor.

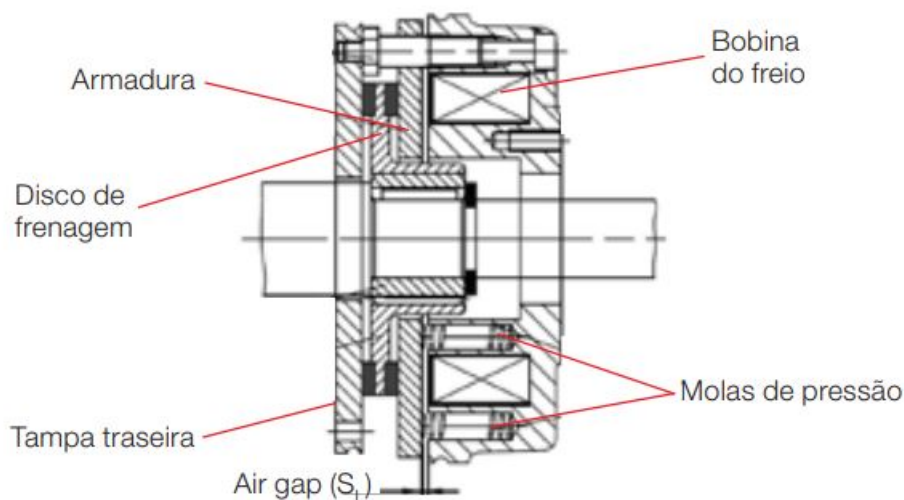


Figura 24 – Esquema de funcionamento WEG W22 [20]

A segunda forma deve ser contra falha. Para o acionamento realizado por porca e fuso, a norma determina que pode ser utilizado um equipamento denominado porca de segurança. As porcas de segurança são acopladas às porcas de esferas, tem por objetivo a prevenção diante de uma queda descontrolada da porca sobre o fuso. Em funcionamento normal, toda carga é aplicada sobre a porca principal, e a porca de segurança opera livre, como pode ser observado na figura 25, a folga presente entre o fuso e a porca de segurança.

Caso ocorra falha na porca principal, esta assenta-se sobre a 2ª porca, fazendo com que a porca principal não possa mais elevar ou descender a plataforma.

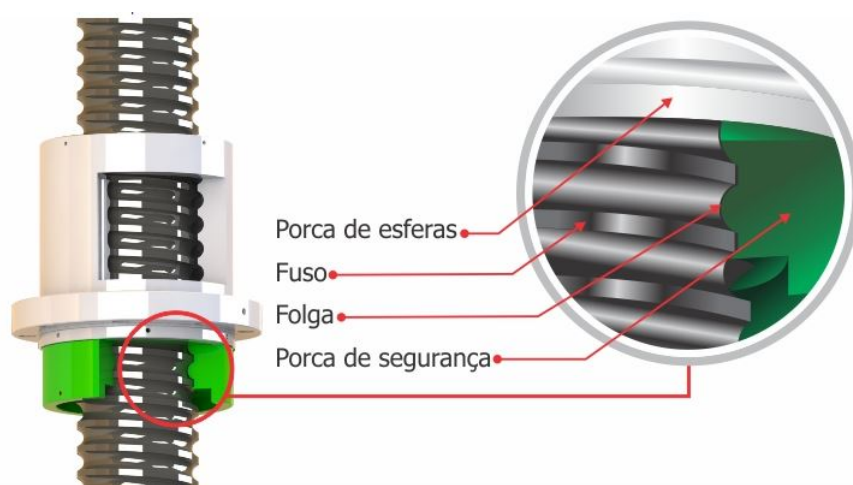


Figura 25 – Esquema ilustrativo porca de segurança [21]

### 3.4.5 Componentes elétricos

Para controle de um motor elétrico, é necessário um contator, um inversor de frequência, um controlador lógico programável (CLP), além dos sensores de parada e fim de curso. Contatores são dispositivos eletromecânicos que permitem o acionamento de cargas que exigem correntes maiores, como motores trifásicos e resistências industriais. São semelhantes aos relés e possuem bobina, núcleo e um conjunto de contatos de força e de comando. Contatores podem possuir três tipos de contatos: normalmente aberto (NA), normalmente fechado (NF) e comutador, que possuem as duas funções no mesmo contato, com uma parte NA e outra NF. São empregados não para ligar ou desligar, mas sim para comutar entre diferentes partes de um circuito.

De maneira genérica, um inversor de frequência é um dispositivo eletrônico capaz de variar a velocidade de giro de um motor trifásico controlando a potência consumida pela carga através da variação da frequência entregue pela rede. No projeto em questão, o inversor de frequência é usado principalmente para gerar rampas de aceleração e desaceleração. O inversor de frequência é muito empregado neste tipo de função, sendo uma das suas maiores vantagens. Quando um motor é energizado, na maioria das vezes, ele parte da inércia para sua capacidade máxima em poucos segundos. Isso é prejudicial aos componentes do motor, pois essa partida brusca pode causar danos, além de um desconforto ao passageiro. A rampa de aceleração é usada para resolver esse problema. Ao configurar um inversor de frequência para atuar como rampa de aceleração ele consegue determinar o tempo o qual o motor vai sair da inércia e alcançar sua capacidade máxima, sem trancos. A figura 26 ilustra o inversor de frequência WEG CFW 10, amplamente utilizado na área industrial.





Figura 26 – Inversor de frequência WEG CFW 10 [20]

Um controlador lógico programável (CLP) é um dos controladores mais utilizados na indústria. É um equipamento semelhante a um computador projetado para comandar e monitorar máquinas ou processos industriais. Com o uso do CLP é possível, a partir de um software adequado ao equipamento, programar o estado das entradas e saídas para haver ou não contato. Um dispositivo de entrada é qualquer coisa que possa fornecer uma entrada para o CLP e influenciar a operação do programa, por exemplo, um sensor de fim de curso. As saídas operam atuadores, que neste projeto é um motor elétrico. De forma aplicada, o CLP será usado para interpretar qual estado e localização da plataforma, e a partir disso determinar ações no motor. O equipamento é ilustrado na figura 27.



Figura 27 – Controlador lógico programável WEG CLIC02 [20]



### 3.5 Fator de segurança

O fator ou coeficiente de segurança é uma razão entre duas quantidades de mesma unidade, geralmente (esforço crítico)/(esforço da peça). A escolha do fator de segurança é feita com base no conhecimento/incerteza do projetista em vários aspectos, como esforços envolvidos na peça, dados dos materiais utilizados, condições em que é utilizado, modelos para forças e tensões.

A norma ABNT NBR ISO 9386-1:2013 define que a menos que declarado de forma contrária, o coeficiente de segurança para todas as partes do equipamento deve ser maior ou igual a 1,6, com base na resistência à deformação e à máxima carga dinâmica. Este coeficiente é usado para aço ou materiais dúcteis equivalentes.

Para a atribuição do fator de segurança, foi utilizada metodologia de atribuição de fatores de penalização para contabilizar incertezas associadas ao material utilizado e ao modo de falha. Para o cálculo, atribui-se valores de -4 a +4 para cada fator de penalização que, ao final, são contabilizados de acordo com o grau de necessidades de mudanças para determinar o nível de segurança do projeto. Valores positivos são atribuídos pela necessidade de elevar o fator de segurança, enquanto que valores negativos buscam reduzir o fator de segurança. O valor calculado após consideração de todos os aspectos relevantes ao projeto é substituído pelo valor de  $t$  na equação 3.1, obtendo-se, assim, o fator de segurança global. As considerações tomadas neste projeto estão dispostas na tabela 7, juntamente com os valores quantitativos adotados.

Tabela 7 – Fatores de penalização para cálculo do fator de segurança

Fator de penalização	Número de penalização selecionado
Conhecimento preciso do carregamento	-1
Cálculo preciso das tensões	+1
Conhecimento preciso da resistência	-1
Necessidade de conservação	+3
Gravidade das consequências de falha	+4
Qualidade de fabricação	+1
Condições de operação	-2
Qualidade da inspeção/manutenção	+2
Total	+7

$$nd = 1 + \frac{(10 + t)^2}{100} \quad (3.1)$$

Aplicando o valor de  $t$  obtido na equação 3.1, temos  $nd = 3,89$ .

## 4 PROJETO MECÂNICO

O detalhamento do projeto mecânico da plataforma de elevação com acionamento por fuso foi realizado com base nos seguintes subsistemas:

- Estrutura da plataforma;
- Guias;
- Sistemas de tração;
- Sistemas de segurança
  - Motofreio;
  - Porca de segurança.
- Fixação da plataforma na estrutura;
- Alimentação e controle.

Uma ilustração renderizada da plataforma é apresentada na figura 29.

Para concepção da plataforma, primeiro foram pesquisadas plataformas existentes no mercado. Conforme apresentado nos capítulos anteriores, a empresa Cibes Lift é uma das maiores fabricantes de plataformas de elevação residenciais acionadas por fuso. Após vasta pesquisa, foi encontrado um modelo de estrutura e funcionamento de uma de suas plataformas, ilustrada na figura 28.

A construção dessa plataforma é muito semelhante a diversas outras plataformas encontradas com outros tipos de acionamento, portanto foi utilizada como base para o projeto.



Figura 28 – Funcionamento da plataforma de elevação da empresa Cibes Lift [9]

## 4.1 Estrutura

Para o projeto da estrutura da plataforma, os primeiros aspectos observados foram suas dimensões e construção. Segundo a norma NBR9386-1, a estrutura pode ou não possuir teto. O teto deve ser colocado somente em plataformas de elevação instaladas em caixas fechadas. O revestimento do piso deve ser antiderrapante e sua área é especificada de acordo com a tabela 6 no item 3.4.1. O uso principal adotado foi o de "acompanhante em pé atrás do usuário em cadeira de rodas", pois as portas de ambos pavimentos estão localizadas no mesmo lado e como a plataforma é para idosos, é possível que haja necessidade de acompanhante em algum momento. A dimensão mínima para este uso é de 800 x 1600 mm. Como é necessário espaço para corrimão e os comandos, um espaço excedente deve ser destinado a esse fim, será utilizada uma viga de 1000 mm.

Todos os modelos pesquisados no capítulo 2 são guiados e acionados excentricamente. Esta solução é a única que faz sentido, visto que o fuso se estende até o final do percurso e não é possível um fuso passar no centro da plataforma. A estrutura foi concebida de forma mais simples possível: um retângulo feito a partir de barras de aço perfil retangular, como pode ser observado na figura 30.

Para cálculo das vigas de aço, foi suposta uma situação extrema onde todos os passageiros estão na extremidade da plataforma, gerando mais momento e maior deflexão. O diagrama de corpo livre dessa situação (viga engastada com apoio simples está na figura 31). A carga mínima de projeto deve ser de 250kg [15], desta forma, para simplificação do problema, será abordado 1/3 do problema, ou seja, apenas 1 viga com 1/3 da carga: 817,5 N. O problema foi considerado estático devido ao baixo número de ciclos de carregamento.

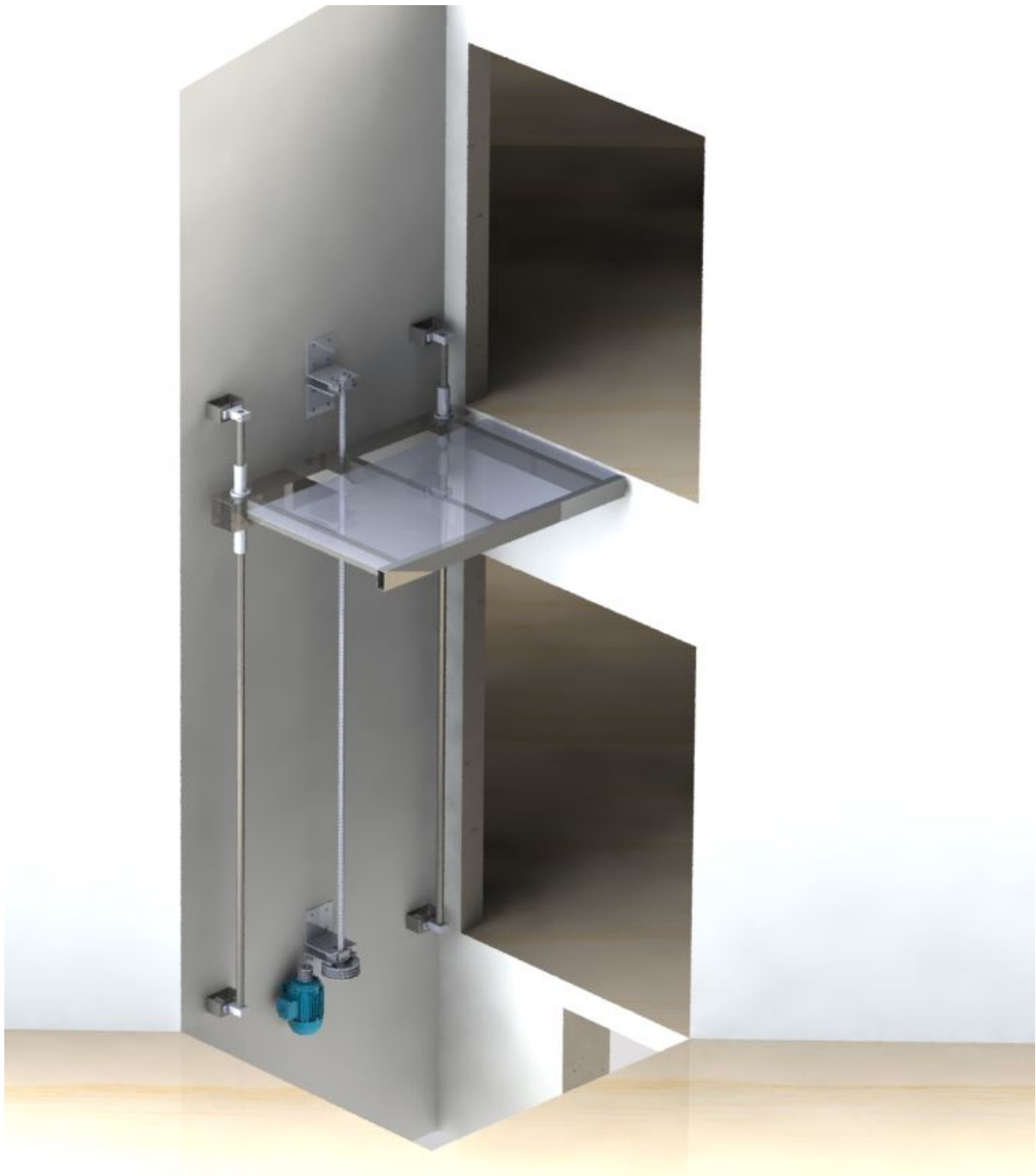


Figura 29 – Ilustração renderizada da plataforma projetada

As reações são:  $R_1 = 817,5 \text{ N}$  e  $R_2 = 817,5 \text{ Nm}$ .

As equações de deflexão nesse caso são bem conhecidas. A norma NBR8800 propõe que os deslocamentos máximos para componentes estruturais submetidos a flexão tenham um valor máximo admissível em função do vão livre da viga dado por  $l/350$ , onde  $l$  é o vão livre, resultando em aproximadamente 2,29 mm. A equação de deflexão máxima foi retirada de [22] e é a seguinte:

$$y_{max} = \frac{Fl^3}{3EI}, \quad (4.1)$$

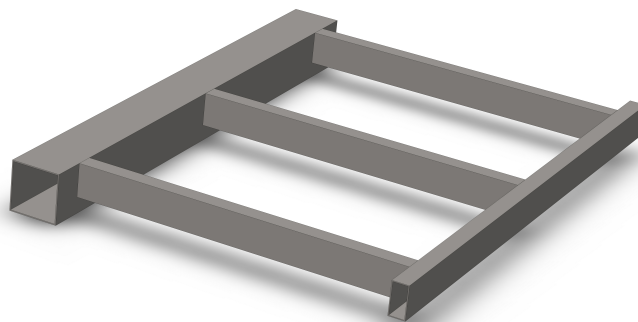


Figura 30 – Concepção inicial da estrutura da plataforma



Figura 31 – DCL do modelo simplificado

onde:

$F$  = Força [N];

$l$  = Comprimento da viga [m];

$E$  = Módulo de elasticidade [Pa];

$I$  = Momento de inércia [m<sup>4</sup>].

Como a deflexão máxima é conhecida, bem como todos os outros termos, o momento de inércia foi isolado e a equação resulta no momento de inercia mínimo para suportar a deflexão estabelecida, que pode ser facilmente encontrado nos catálogos dos fabricantes.

As equações e parâmetros foram definidos em uma rotina em software MATLAB para encontrar as dimensões otimizadas para a viga. O momento de inércia mínimo encontrado foi de 118,72 cm<sup>4</sup>. Após teste e simulação no software com diversas vigas, o perfil 100 x 50 mm com 2,65 mm de espessura foi adotado. Para simulação dos deslocamentos e tensões, foi utilizado o método de elementos finitos por meio do software Solid Works. O

deslocamento máximo na situação extrema proposta foi de 1,54 mm, como pode ser observado na figura 32. A viga de perfil quadrado soldada a esta estrutura é a viga utilizada para união dos sistemas de tração e alinhamento à plataforma e possui perfil 150 x 150 mm. O perfil 100 x 100 mm não pode ser utilizado, pois como será apresentado a seguir, será soldada uma chapa a fim de diminuir as tensões nos cordões de solda.

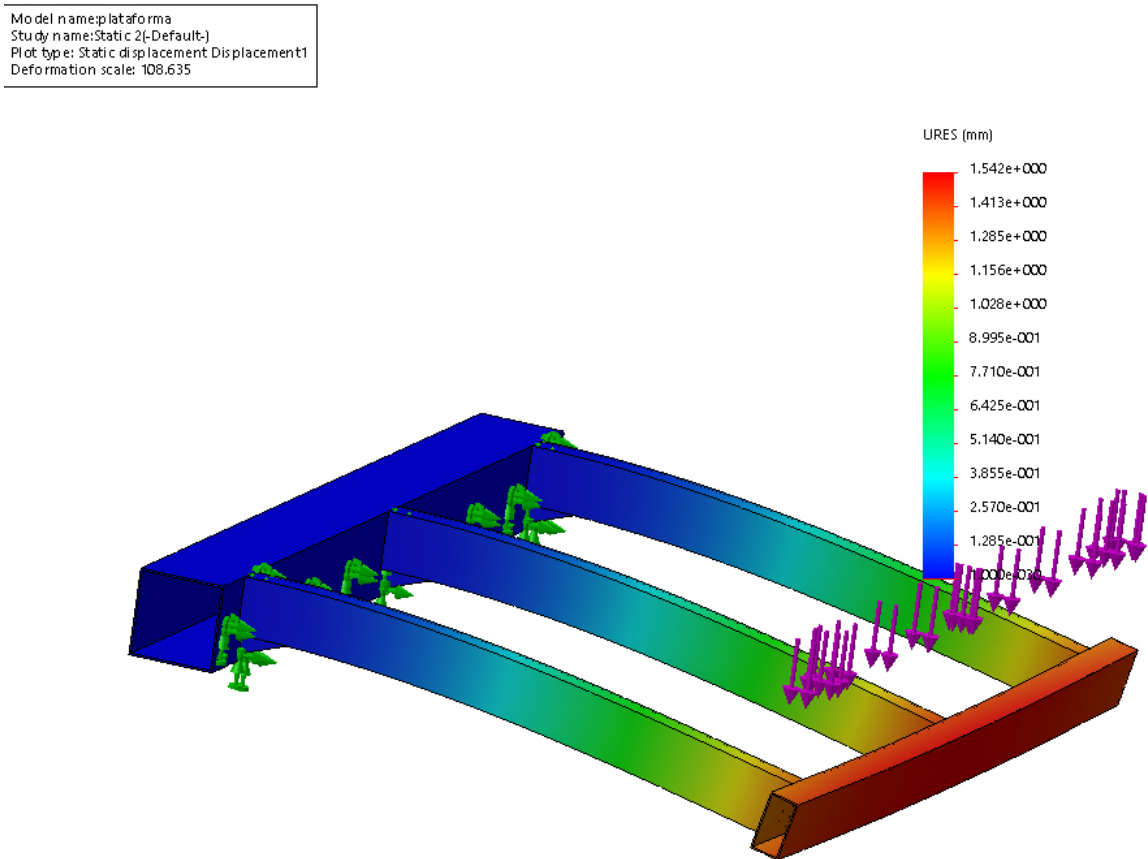


Figura 32 – Simulação de deslocamento máximo

A estrutura da plataforma deve ser soldada. A simulação ilustrada na figura 33 mostra que as tensões estavam concentradas na parte superior e inferior da viga, o que já era esperado, porém isso faz com que a solda seja submetida a uma grande tensão de tração na parte superior.

A fim de atenuar esse efeito, foram inseridas chapas triangulares de aço, também soldadas, na parte inferior da viga (figura 34). O resultado obtido foi positivo, já que as tensões agora estão mais concentradas na região que sofre compressão.

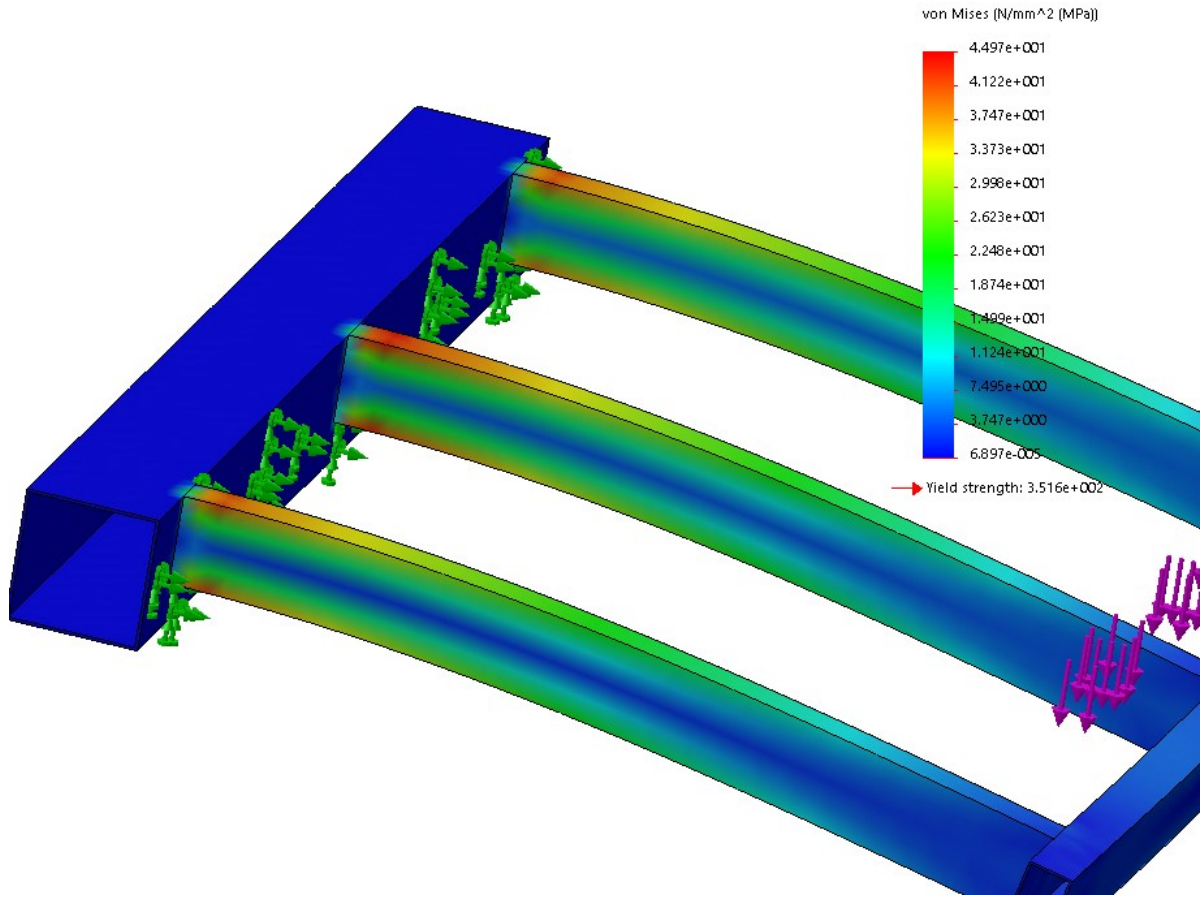


Figura 33 – Simulação de tensões na plataforma

Além disso, como pode ser observado, a tensão máxima obtida foi de aproximadamente 50 MPa, enquanto a tensão de escoamento do aço 1020 é de 350 MPa. Desta forma, temos que o fator de segurança, dado pela razão entre a tensão de escoamento do aço 1020 e a tensão máxima aplicada no material é:

$$\frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{max}} = \frac{350}{50} = 7 \quad (4.2)$$

Este valor é superior ao fator de segurança definido na seção 3.5, portanto a viga é adequada.

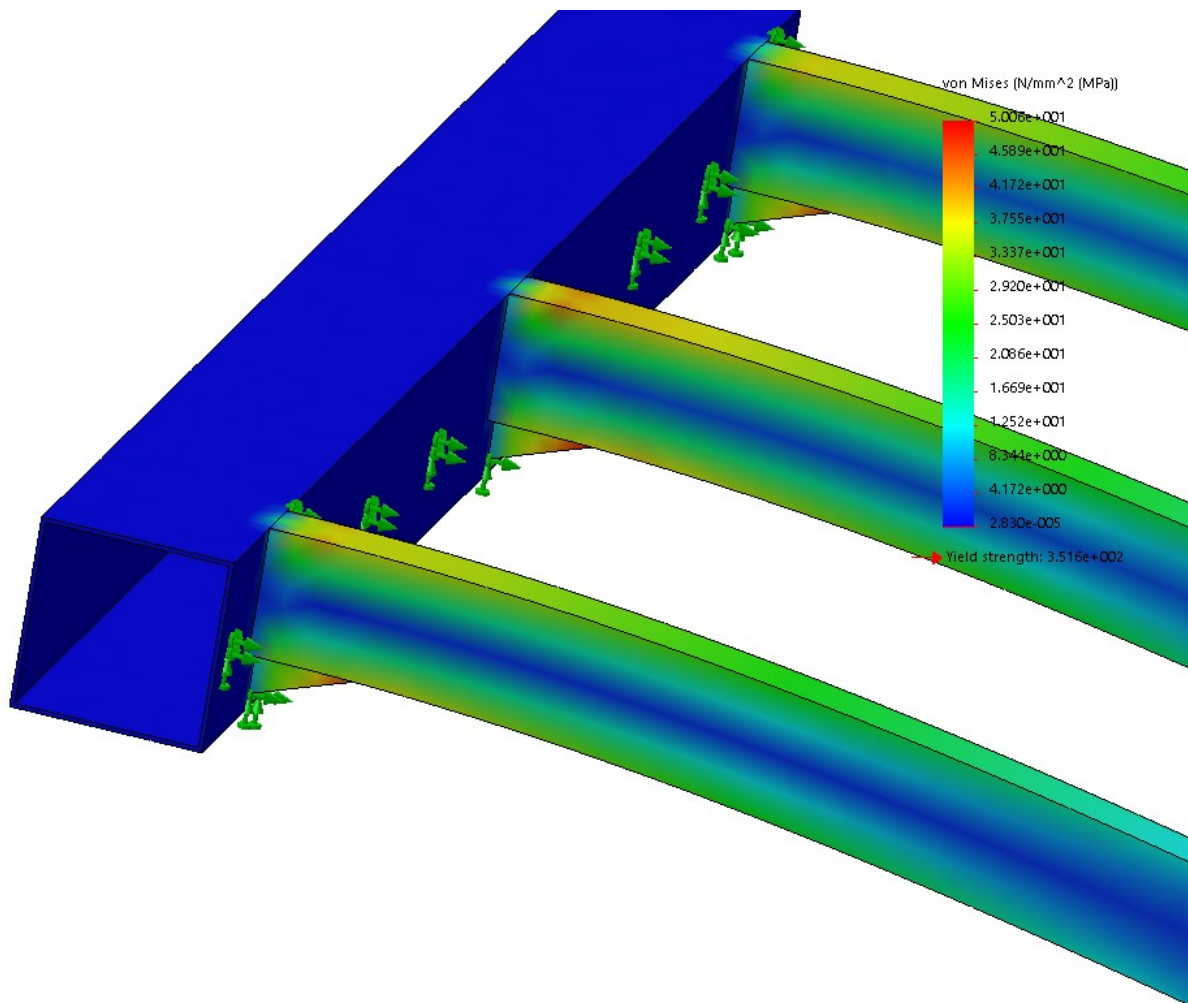


Figura 34 – Simulação de tensões na plataforma após inserção das chapas

#### 4.1.1 Cordões de solda

A estrutura será soldada, portanto é necessário verificar se o cordão de solda aplicado conseguirá resistir às tensões aplicadas. Primeiramente foi necessário estabelecer como as tensões estão aplicadas, e como pode ser observado, tratam-se de junções soldadas em flexão. Junções em flexão sofrem tensões primárias de cisalhamento e tensões secundárias devido ao momento aplicado. As equações aqui utilizadas foram retiradas de [22], e essa referência fornece uma tabela com propriedades de flexão de soldas de filete, oferecendo a área da garganta e o segundo momento de unitário de inércia para diferentes configurações da aplicação do cordão de solda. O cordão de solda será aplicado ao redor de todo perfil retangular. A tensão primária devido ao esforço cortante é dada por:

$$\tau' = \frac{V}{A} = \frac{V}{1,414h(b+d)} = \frac{817,500}{1,414(50+100)} = 3,85MPa \quad (4.3)$$

onde:

$V$  = Força cortante [N];

$A$  = Área total da garganta [mm<sup>2</sup>];

$b$  = Comprimento horizontal do cordão de solda [mm];



$d$  = Comprimento vertical do cordão de solda [mm].

A tensão secundária devido ao momento é dada por:

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{Md/2}{0,707hd^2(3b+d)/6} = \frac{817,50 \cdot 10^3 \cdot 100/2}{0,707 \cdot 2,65 \cdot 100^2 \cdot (3 \cdot 50 + 100)/6} = 52,33 MPa \quad (4.4)$$

onde:

$M$  = Momento fletor [Nm];

$c$  = Distância do centroide do grupo de soldas ao ponto de interesse [mm];

$I$  = Segundo momento de área baseado na garganta de solda [mm<sup>4</sup>];

obs: O valor do segundo momento de área é obtido pela multiplicação da altura da garganta ( $0,707h$ ) multiplicado pelo valor do segundo momento unitário de área, que depende da configuração dos filetes e está tabelado na referência. Neste caso, é dado por  $d^2(3b+d)/6$ .

Temos então a tensão combinada

$$\tau = (\tau'^2 + \tau''^2)^{1/2} = (3,85^2 + 52,33^2)^{1/2} = 52,47 MPa \quad (4.5)$$

Para decisão do eletrodo, foi utilizado o fator de segurança de projeto e a tensão combinada, resultando em uma resistência de escoamento mínima para o eletrodo. Temos que:

$$FS = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad (4.6)$$

Que pode ser reorganizada na forma:

$$S_{sy-min} = \tau \cdot nd = \frac{52,47 \cdot 3,89}{0,577} = 353,74 MPa \quad (4.7)$$

Portanto, pode ser utilizado um eletrodo com resistência ao escoamento acima de 354 MPa, como o eletrodo E7018, que possui resistência ao escoamento de 393 MPa e ampla disponibilidade.

## 4.2 Guias

Como comentado na seção 3.5.3, as guias lineares são mais precisas e utilizadas geralmente em sistemas complexos de eixos múltiplos onde se requer precisão como máquinas CNC. Neste projeto não se justifica a utilização deste tipo, visto que a função das guias é de suportar a carga radial, portanto serão utilizados rolamentos lineares mostrados na figura 35.

Para seleção dos rolamentos, primeiro foi necessário conhecer a força aplicada nesses elementos. O diagrama de corpo livre apresentado na figura 36 mostra que a força aplicada pelos passageiros gera um momento na base da plataforma que precisa ser contrabalanceado pelos rolamentos.

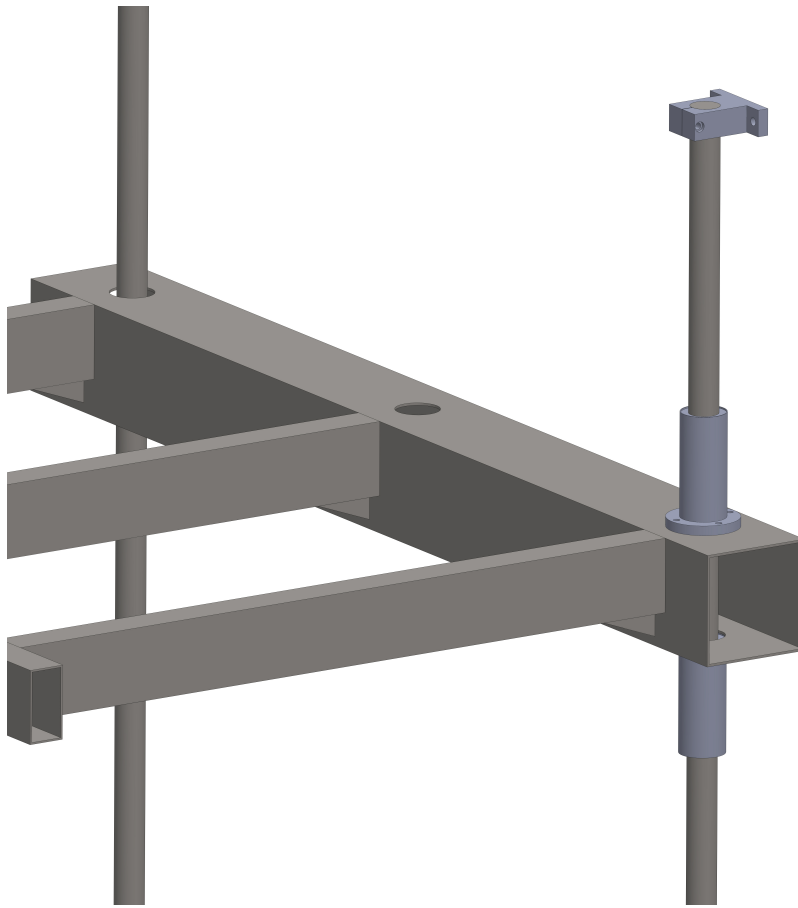


Figura 35 – Ilustração da solução de guias da plataforma

O momento gerado é dado por:

$$M = F \cdot L = m \cdot g \cdot L = 250 \cdot 9,81 \cdot 1 + 100 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 2943 N.m \quad (4.8)$$

onde:

M = Momento fletor [N.m];

F = Força aplicada pelos passageiros e pela estrutura [N];

m = Massa dos passageiros e da estrutura [kg].

L = Comprimento da viga no [m];

obs: Foi estimado que a estrutura após instalação de todos os elementos, como corrimão, painel e acabamento, deve ter no máximo 100 kg.

Portanto a força nos rolamentos deve ser de:

$$F_{rolamento} = \frac{M}{L_{rolamento} \cdot n_{rolamentos}} = \frac{2943}{(0,075 + 0,075) \cdot 4} = 4905 N \quad (4.9)$$

onde:

M = Momento fletor [N.m];

$L_{rolamento}$  = Distância do ponto de giração ao centro do rolamento [m];

$F_{fuso}$  = Força vertical aplicada no fuso de esferas [N].

obs: para estimativa de  $L_{rolamento}$  foi estimado que o rolamento possui um comprimento de 150 mm. Após seleção do rolamento foi verificado se esse valor era apropriado.

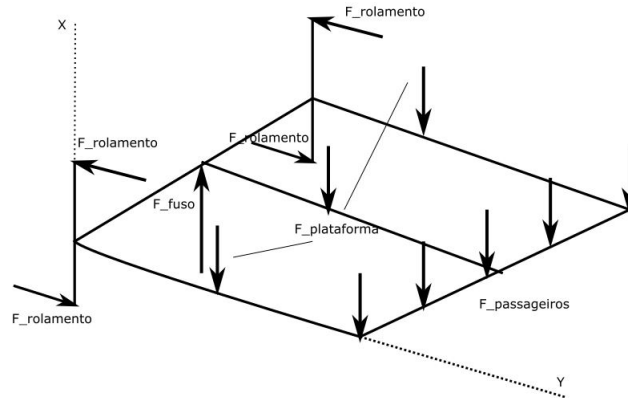


Figura 36 – DCL da plataforma

No site do fabricante OBR [23], foram encontrados vários tipos de rolamentos lineares. O primeiro passo foi determinar o diâmetro necessário para o eixo. O material informado é o SUJ2 com alto teor de carbono. Após pesquisa, foi encontrado que se trata do SAE 52100. Este aço é utilizado em aplicações que necessitam de alta resistência ao desgaste, como rolamentos. Seu limite de escoamento varia entre 350 e 550 MPa. Como não foi especificado em catálogo, o limite inferior foi utilizado para o cálculo. O eixo está estático, por esse motivo foi dimensionado apenas estaticamente. A situação observada no eixo é a seguinte: apoios simples - carga de momento fletor, ilustrado na figura 37.

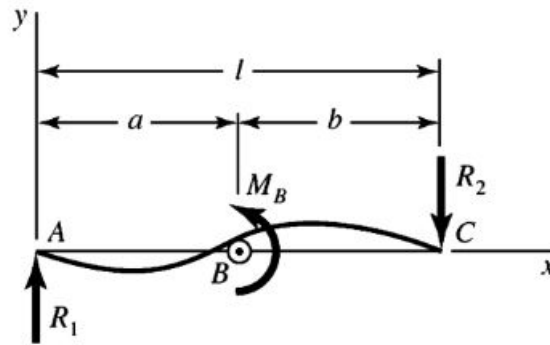


Figura 37 – Ilustração forças atuantes no eixo

O diâmetro foi calculado considerando carregamento estático pela teoria da tensão máxima de cisalhante:

$$d = \left( \frac{32nd}{\pi S_y} M \right)^{1/3} = \left( \frac{32 \cdot 3,89}{350\pi} 2452,5 \right)^{1/3} = 6,52mm \quad (4.10)$$

A partir do diâmetro mínimo e da carga no rolamento, foi selecionado um rolamento com carga estática superior à calculada (4905 N). A partir disso, a vida nominal

foi calculada. O rolamento selecionado possui carga estática de 5490 N, carga dinâmica de 2490 N e diâmetro de 30 mm.

A partir do diâmetro de 30 mm, foi necessário calcular a deflexão no eixo, pois o rolamento deve ter um desalinhamento inferior a  $1/2$ . A deflexão linear é dada por:

$$y_{ab} = \frac{M_b x}{6EI} (x^2 + 3a^2 - 6al + 2l^2) \quad (4.11)$$

Em que a pior situação para o rolamento superior (maior deflexão) é quando  $a=l$  (para o rolamento inferior o contrário,  $a=0$  e  $b=l$ ). Desta forma:

$$y_{ab} = \frac{M_b x}{6EI} (x^2 - l^2) \quad (4.12)$$

Para saber o ponto de maior deflexão, basta derivar a equação e igualar a 0:

$$y'_{ab} = \frac{d \left( \frac{M_b x}{6EI} (x^2 - l^2) \right)}{dx} = \frac{M_b}{6EI} (3x^2 - l^2) = 0 \quad (4.13)$$

Portanto temos que o ponto de maior deflexão é:

$$x = l/\sqrt{3} \quad (4.14)$$

A massa do eixo linear é:

$$m = \pi * d^2 / 4 * l * \rho = 16,65kg \quad (4.15)$$

Seu momento de inércia de área é dado por:

$$I = \pi r^4 / 4 = 6,36 \cdot 10^{-7} \quad (4.16)$$

Aplicando os valores do projeto na equação 4.12, temos que a deflexão máxima é:

$$y_{ab} = \frac{1472N.m \cdot 3/\sqrt{3}m}{6 \cdot 200GPa \cdot 6,36 \cdot 10^{-7}m^4 \cdot 3m} ((3/\sqrt{3}m)^2 - 3m^2) = 1,03 \cdot 6,68mm \quad (4.17)$$

Aproximando o eixo deformado para uma reta, podemos formar um triângulo, representado na figura 38. Desta forma, podemos calcular o ângulo deformado:

$$\tan \theta = \frac{0,00668}{3 - 3/\sqrt{3}} \rightarrow \theta = 0,307^\circ \quad (4.18)$$

Desta forma, a deflexão angular está abaixo da permitida, portanto o eixo de 30 mm é adequado.

A carga dinâmica de um rolamento é dada para que um grupo de 90% de rolamentos com a mesma especificação e operando nas mesmas condições tenha uma vida de 50 km sem apresentar defeito ou falha. A vida nominal é dada por:

$$L = (C/P)^{1/3} \cdot 50 = (2490/4905)^{1/3} \cdot 50 = 39,89km \quad (4.19)$$

Admitindo a utilização do equipamento 6 vezes por dia (subida e descida), temos 36 metros diários e a vida do rolamento em aproximadamente 3 anos. O fabricante também comercializa os suportes dos eixos, que são selecionados apenas em função do diâmetro do eixo. A tabela 8 resume os dados dos rolamentos e eixos selecionados:

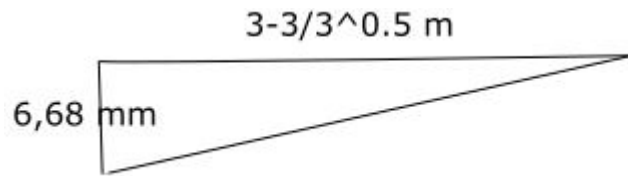


Figura 38 – Deformação no eixo linear

Tabela 8 – Eixos e rolamentos selecionados

Carga estática	5490 N
Carga dinâmica	2490 N
Vida calculada	39,89 km
Vida estimada	3 anos
Diâmetro eixo	30 mm
Material eixo	SAE 52100
Modelo suporte	SK30

#### 4.2.1 Lubrificação

Como quase todos componentes mecânicos, lubrificação das guias lineares é fundamental. Além da diminuição do ruído e desgaste pelo contato metal-metal, a lubrificação ajuda na conservação do equipamento, pois dificulta a entrada de poeira e partículas sólidas no rolamento. Não há grande limitação na utilização dos lubrificantes, portanto será utilizado graxa para rolamentos NGLI 2. A escolha por graxa no lugar de óleo lubrificante se deu pelo motivo principal da facilidade de aplicação.

### 4.3 Sistema de tração

O sistema de tração da plataforma será feito por um fuso de esferas, como foi discutido no capítulo anterior. O acionamento dos fusos pode ser feito através do próprio fuso ou da porca. O principal motivo de escolher entre um ou outro, é pelo comprimento do fuso. A uma maior longitude de fuso, a velocidade crítica de giro é mais baixa. Assim, para obter um avanço mais rápido, é necessário aumentar o passo e consequentemente o motor e sistemas acoplados a ele, como as correias, mais robustos. Isto não é viável em muitas ocasiões, e o que se faz comumente é girar a porca e deixar estático o fuso, desta maneira podemos aumentar a velocidade de giro e reduzir o passo. Os fusos com porca giratória ou fusos giratórios são idênticos quanto a diâmetros, passos e esferas, porcas simples e duplas, o que difere entre ambos são os extremos do fuso e o exterior das porcas.

Quanto ao tipo de porca, o diagrama mostrado na figura 39 retirado do catálogo da empresa Ipiranga [24] foi utilizado para seleção:

A porca selecionada foi uma porca simples, visto que a montagem é vertical, a

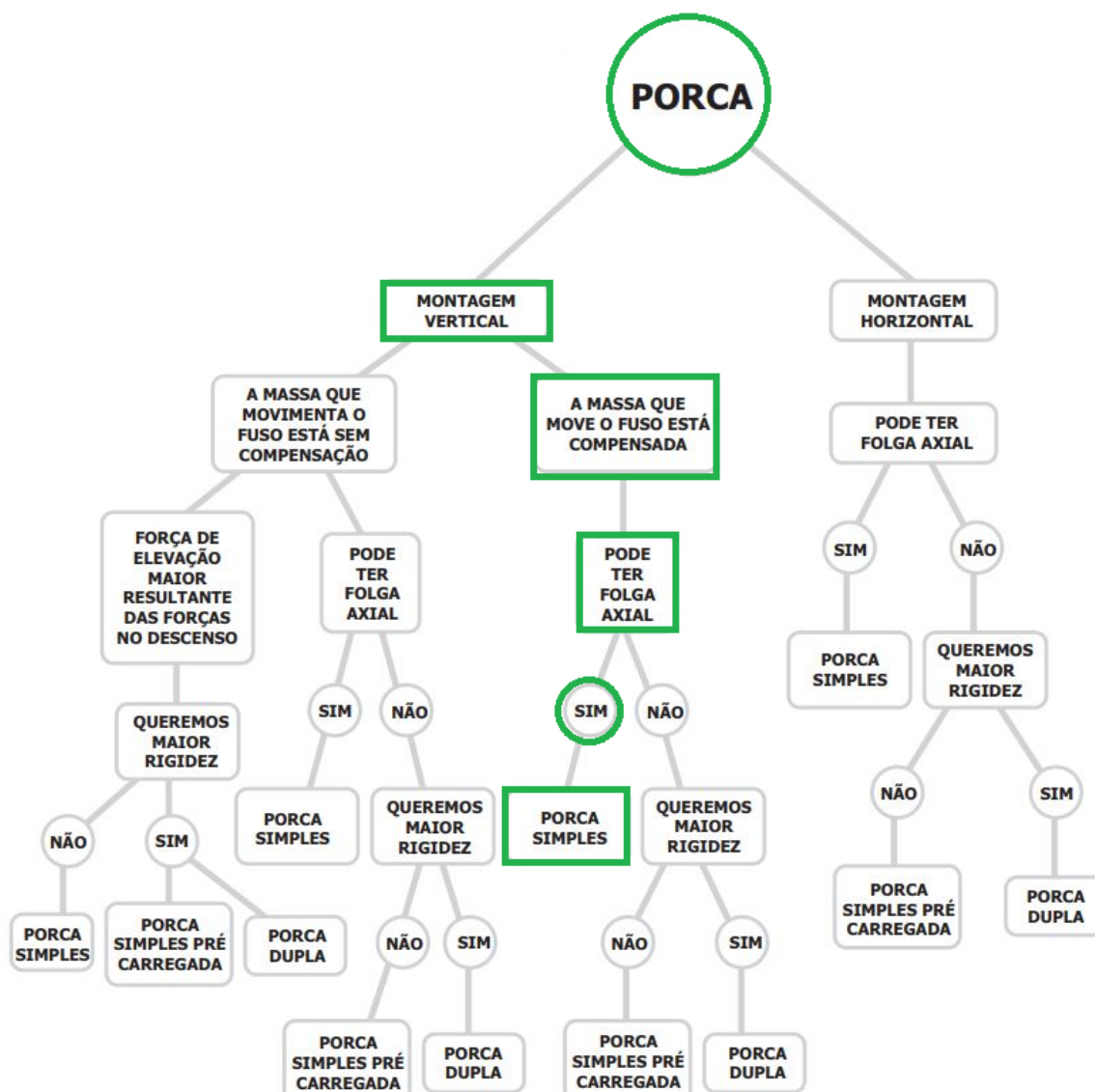


Figura 39 – Diagrama para seleção do tipo de porca [24]

massa está compensada pelos rolamentos lineares e é permitido folga axial, já que a precisão não precisa ser elevada.

Para seleção do modelo, o primeiro passo foi selecionar o diâmetro adequado para o fuso. Para isso, foram utilizados gráficos encontrados no catálogo da empresa (figuras 40 e 41). As linhas pontilhadas no gráfico devem ser desconsideradas e foram utilizadas para um exemplo dado pelo fabricante. As configurações são: 1 (Engaste-Livre), 2 (Apoiado - Apoiado), 3 (Engastado - Apoiado) e 4 (Engastado - Engastado). Primeiro, a partir da força axial, montagem dos suportes e distância entre suportes, foi determinado um diâmetro mínimo necessário para o fuso. A carga na coluna é a soma da carga dos passageiros e da massa da cabina, estimada em 100 kg. Resulta em uma carga de 3,43 kN. O comprimento entre os suportes é de 3m, que é um pouco maior que a distância entre pavimentos. Desta forma, é necessário um fuso de pelo menos 32 mm para todas as configurações.

A partir do comprimento entre os suportes, de 3 m e do diâmetro do fuso, fo-

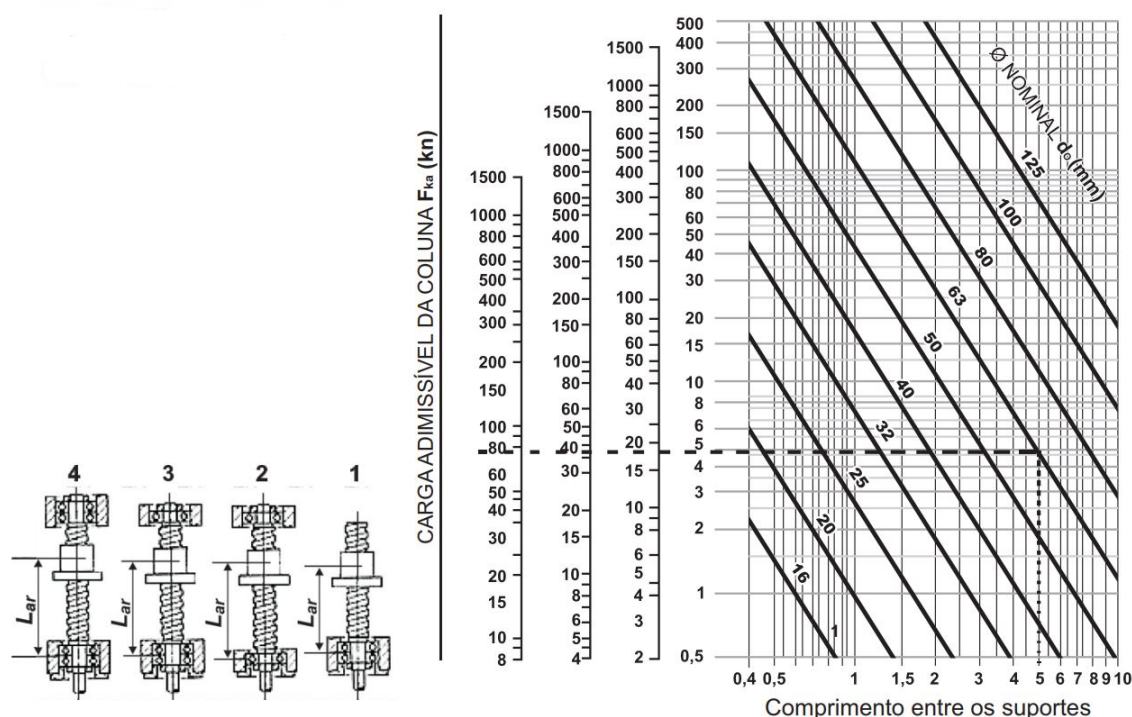


Figura 40 – Gráfico para determinação do diâmetro do fuso com base na carga da coluna e comprimento entre os suportes [24]

ram encontradas as rotações máximas para cada configuração. Para o fuso de 32 mm , a configuração 1 (Engaste-Livre) resulta graficamente em uma rotação máxima de 100 rpm, a configuração 2 (Apoiado - Apoiado), em 300 rpm. A configuração 3 (Engastado - Apoiado) em 460 rpm e a configuração 4 (Engastado - Engastado) em 650 rpm.

Pelo catálogo do fabricante [24], duas famílias de castanhas estão disponíveis: uma ou multi entradas. A castanha de multi entradas permite grande aumento no passo do fuso. Os fusos de uma entrada possuem passo de 10 mm e o fuso multi entradas de 20 ou 40 mm, dependendo do diâmetro do fuso. Temos que para um percurso de 3000 mm, são necessárias 300 rotações para um fuso de 10 mm, 150 rotações para um fuso de 20 mm e 75 rotações para um fuso de 40 mm. Admitindo a máxima velocidade permitida pela norma: 0,15 m/s, o percurso de 3 m deve ser feito em 20 segundos. Isso resulta em uma rotação de 900 rpm para o fuso de 10 mm, seguido por 450 rpm e 225 rpm para os fusos de 20 e 40 mm, respectivamente. A tabela 9 sintetiza todos esses dados.

Tabela 9 – Dados comparação passo do par fuso/castanha

Passo	10 mm	20 mm	40 mm
Tipo de fuso/castanha	única entrada	multi entrada	multi entrada
Tempo da viagem	20 s	20 s	20 s
Número de rotações necessárias	300	150	75
Rotação aplicada	900 rpm	450 rpm	225 rpm

O passo de 10 mm foi descartado, pois nenhuma configuração atende essa rotação. O passo de 40 mm pode ser utilizado, porém encontrará outras dificuldades na frente, como

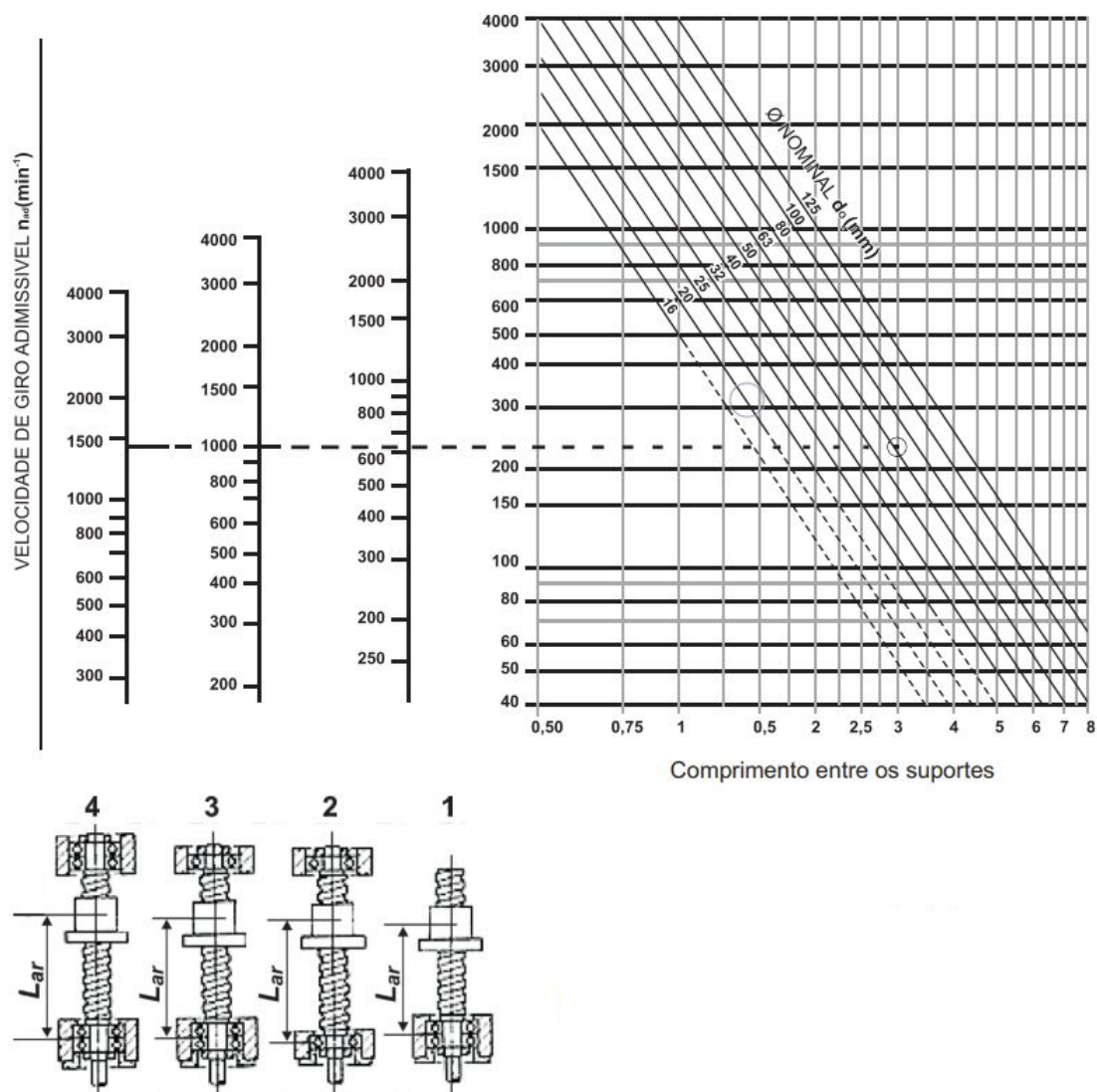


Figura 41 – Gráfico para determinação do diâmetro do fuso com base na rotação e comprimento entre os suportes [24]

redução de rotação do motor elétrico para o fuso, além de aumento no torque necessário para elevação e freio. Por estes motivos, o fuso com passo de 20 mm foi selecionado. Temos portanto, que conjunto fuso/castanha selecionado foi de 32 mm de diâmetro e 20 mm de passo.

De forma semelhante a um rolamento de esferas, foi necessário calcular as cargas estáticas e dinâmicas para cálculo da vida. Para isso, foram levantadas as cargas máxima, média e mínima, velocidades máxima, média e mínima e os tempos relativos a esses usos. A carga máxima é a capacidade máxima do fuso, ou seja, 3434 N. A carga média é a nominal: dois passageiros utilizando. A massa de cada passageiro pela norma NBR9381-1 é de 75 kg, resultando na carga nominal de 2453 N, e a carga mínima é a plataforma vazia: 981 N. A velocidade é sempre a velocidade máxima: 450 rpm. O tempo de uso foi estimado da seguinte forma: 10% do tempo em carregamento máximo, 60% do tempo em carregamento normal e 30% do tempo vazio. A expectativa de vida da máquina foi definida para um uso diário de 1h em 10 anos, resultando em 3650 horas. Para cálculo,



foi utilizado 4000 horas. A tabela 10 foi criada para resumir os dados de entrada.

Tabela 10 – Dados de entrada para cálculo da carga dinâmica da porca do fuso de esferas

Carga máxima (F1)	3434 N
Carga média (F2)	2453 N
Carga mínima (F3)	981 N
Rotação (n1 = n2 = n3)	450 rpm
Tempo (t1)	10%
Tempo (t2)	60%
Tempo (t3)	30%
Vida nominal ( $L_h$ )	4000 h
Fuso previsto	d = 32 mm/p = 20 mm

A carga média é dada por:

$$F_m = \sqrt[3]{\frac{0,01}{n_m}(F1^3 \cdot n1 \cdot t1 + F2^3 \cdot n2 \cdot t2 + F3^3 \cdot n3 \cdot t3)} \quad (4.20)$$

$$F_m = \sqrt[3]{\frac{0,01}{450}(3434^3 \cdot 450 \cdot 10 + 2453^3 \cdot 450 \cdot 60 + 981^3 \cdot 450 \cdot 30)} = 2363N \quad (4.21)$$

E finalmente a capacidade de carga necessária é dada por:

$$C_{ar} = 0,01 \sqrt[3]{L_h \cdot F_m^3 \cdot n_m \cdot 60} = 0,01 \sqrt[3]{4000 \cdot 2363^3 \cdot 450 \cdot 60} = 11253N \quad (4.22)$$

A porca para fuso de 32 mm e passo de 20 mm possui carga dinâmica de 28,1 kN, superior a calculada, portanto podemos calcular a nova vida em rotações e a vida em horas:

$$L_{10} = \left(\frac{C_{am}}{F_m}\right)^3 \cdot 10^6 = 1681 \cdot 10^6 \quad (4.23)$$

$$L_h = \frac{L_{10}}{n_m \cdot 60} = \frac{1681 \cdot 10^6}{450 \cdot 60} = 62259h \quad (4.24)$$

Para utilização da configuração 4 - engaste - engaste, serão utilizados mancais de extremidade para fusos de esferas BK25 da empresa Kalatec Automação, ilustrado na figura 42. Esses mancais possuem tanto rolamentos axiais, quanto rolamentos radiais.

### 4.3.1 Lubrificação

A lubrificação dos fusos é igual à dos rolamentos, imprescindível para o bom funcionamento e para garantir seu período de vida útil. Tendo uma boa lubrificação evitamos o desgaste, reduzimos os níveis da temperatura e conseguimos um rolamento silencioso. A escolha dos diferentes tipos de lubrificação com óleos ou graxas deve ser sempre sob as condições de funcionamento do fuso, da velocidade, carga e temperatura. Contudo, os



Figura 42 – Ilustração do mancal selecionado [8]

períodos de lubrificação e as quantidades sempre podem ser ajustados para mais ou para menos, desde que estejam em serviço. Cada vez mais fabricantes de máquinas e ferramentas utilizam os sistemas de lubrificação por graxa, quando possível, já que a temperatura de trabalho é um fator limitante. As graxas assim como os óleos podem ser facilmente aplicadas devido a sua fluidez. As diferentes classes de graxas estão classificadas dentro das referências NLGI segundo DIN 51878. A partir da figura 43 pode-se definir o tipo de graxa em função da velocidade e da carga, e a graxa selecionada foi a classe NLGI 2, visto que  $Fa/Cam < 0,15$ , a carga é normal e a velocidade de rotação é menor que 600 rpm.

DIN 51878 NLGI CLASS	DIN 51804 COMPLETE PENETRATION	GREASE WITH LITHIUM SOAP		SPECIAL SYNTHETIC GREASE
		$Fa = \leq 0,15 \text{ Cam}$ Without EP additives	$Fa = > 0,15 \text{ Cam}$ With EP additives	
0	Fluid grease Half=liquid 355-385	-	High load up to 800 min <sup>-1</sup>	-
1	Very light 310-340	Low load up to 800 min <sup>-1</sup>	-	High speed up to 4000 min <sup>-1</sup>
2	Ligh (smooth) 265-295	Normal load up to 600 min <sup>-1</sup>	Very high load up to 600 min <sup>-1</sup>	
3	Medium firmness 220-250	High load up to 400 min <sup>-1</sup>	-	-

Figura 43 – Tabela do fabricante para escolha do tipo de graxa utilizada [24]

A tabela 11 resume os dados do par fuso/castanha selecionado.

Tabela 11 – Dados do fuso e porca

Diâmetro do fuso	32 mm
Passo	20 mm
Rotação	450 rpm
Modelo porca	16.3220
Vida estimada	60 252 horas
Tipo de fuso	Retificado
Suporte	Engaste - Engaste
Lubrificação	Graxa NGLI 2

## 4.4 Motofreio

Para seleção do motor, primeiro foi necessário seleção do freio. Para isso, é necessário conhecer qual o torque que a força axial aplicada na castanha gera. A figura 45 ilustra a situação:

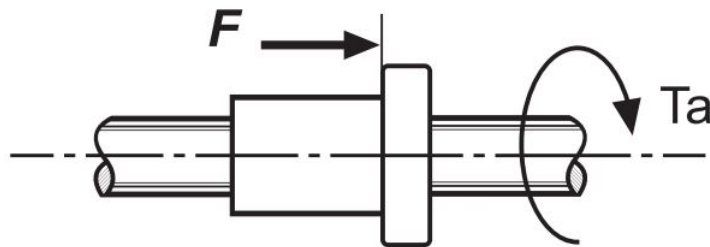


Figura 44 – Ilustração das forças envolvidas no fuso [24]

O torque ( $T_a$ ) gerado pela força axial ( $F$ ), que é o mesmo torque necessário para converter giro do fuso em translação é dado por:

$$T_a = \frac{F \cdot P_h}{2000 \cdot \pi \cdot \eta} \quad (4.25)$$

onde:

$F$  = Força axial [N];

$P_h$  = Passo nominal [mm];

$\eta$  = Rendimento mecânico;

Para cálculo do rendimento mecânico, temos que:

$$\eta = \frac{\tan \phi}{\tan(\phi + \rho)} \quad (4.26)$$

onde:

$\phi$  = ângulo da hélice;

$\rho$  = Ângulo de atrito = 0,23°;

E finalmente:

$$\tan\phi = \frac{P_h}{Dp \cdot \pi} \quad (4.27)$$

onde:

$P_h$  = Passo nominal [mm];

$Dp$  = Diâmetro primitivo do fuso = Diâmetro do fuso + Diâmetro das esferas [mm];

A eficiência encontrada na equação 4.26 foi de 97,7%. Desta forma, foi possível calcular o torque necessário para o freio e elevação da carga.

$$Ta = \frac{3434 \cdot 20}{2000 \cdot \pi \cdot 0,977} = 11,19 Nm \quad (4.28)$$

Para elevação, esse torque foi utilizado, porém para o freio, é recomendado um fator de multiplicação do torque de 2 a 3 vezes, pois será utilizada para elevação de cargas. Como a carga nominal da plataforma é muito inferior aos 250 kg determinado por norma, o fator utilizado foi de 2, resultando no torque para seleção do freio de 22,38 Nm e carcaça 90, segundo a figura 45:

Carcaça	Torque a 100 rpm [Nm]		Máxima rotação de trabalho [rpm]	Máxima energia dissipada $Q_g$ [J]	Tempo de resposta do freio $t_{12}$ [s]
	Torque nominal	Torque opcional			
63	4	-	12,200	3,000	0.015
71	8	-	10,000	7,500	0.017
80		12			
90	16	23	8,200	12,000	0.020
100	32	46	6,600	24,000	0.030
112	60	-	6,000	30,000	
132	80	125	5,200	36,000	
160	150	235	4,300	60,000	0.043
180	260	345	3,600	80,000	0.100
200	400	530	3,000	120,000	0.120
225	530	800			0.135
250	800	-			
	-	1200	2,300	300,000	0.133

Figura 45 – Tabela de carcaças e torque de frenagem [20]

A partir do torque foi possível calcular a potência necessária para elevação:

$$P = \frac{Ta \cdot n}{9550} = 0,527 kW \approx 0,75 cv \quad (4.29)$$

Como há de ser considerado rendimento das correias, o motor selecionado foi um Motofreio WEG W22 IR2 1 cv 6 pólos, com rotação nominal de 1140 rpm e carcaça 90L, ilustrado na figura 46



Figura 46 – Ilustração motor selecionado [20]

#### 4.4.1 Correias e polias

Para seleção das correias, o primeiro passo foi a seleção do perfil, utilizando o gráfico da figura 47. Para isso, é necessário a velocidade do eixo mais rápido (1140 rpm) e cálculo da potência projetada ( $P_p$ ). Como a máquina apresenta baixa vibração, em ambiente com pouca umidade e poeira, com uso diário inferior a 1h, o fator de serviço adotado foi 1, e a potência projetada é de 1 cv. A partir desses dados, foi possível definir o perfil A.

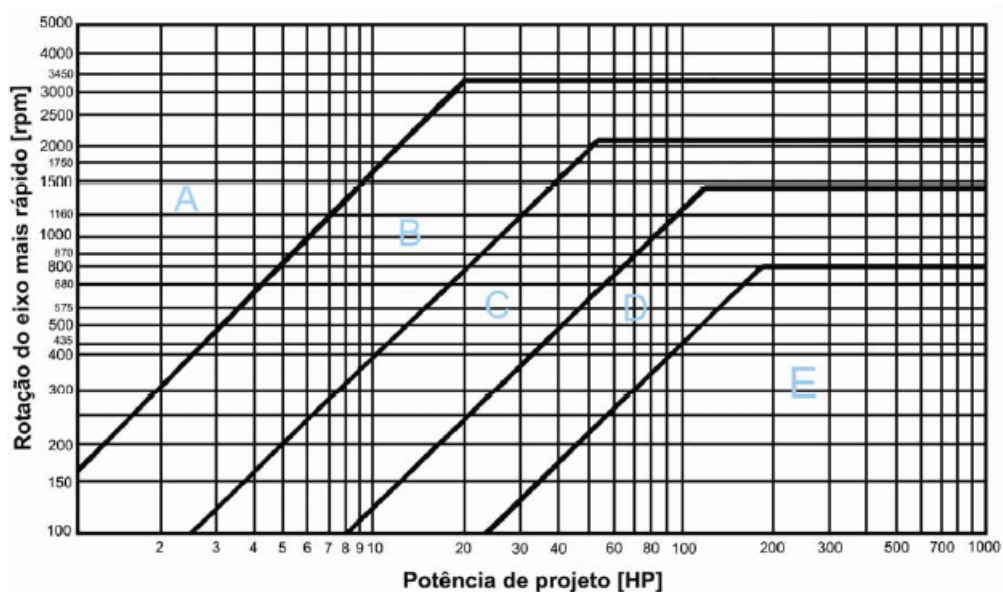


Figura 47 – Gráfico para seleção de perfil de correia [25]

Ainda a partir da velocidade do eixo mais rápido e potência, foi possível definir o diâmetro da polia menor. A partir de [22], esse diâmetro pode ser preliminarmente definido em 75 mm. A partir disso, foi possível calcular o diâmetro da polia maior. A rotação do motor é de 1140 rpm e a rotação do fuso deve ser de 450 rpm, resultando em uma redução de 2,53 vezes. O diâmetro da polia maior adotado foi de 190 mm.

A distância entre centros das polias pode ser preliminarmente definida por:

$$C = \frac{3d + D}{2} = 207,5mm \quad (4.30)$$

Esse valor será revisto para atender um comprimento de correia comercial e tensão na correia necessária.

O comprimento primitivo é dado por:

$$L_p = 2C + \pi(D + d)/2 + (D - d)^2/(4C) = 847,19mm \quad (4.31)$$

A correia que mais se aproxima desse valor é a correia A32, que possui 845 mm [25]. Após, foi necessário encontrar o comprimento de ajuste, já que a correia comercial possui um comprimento diferente do calculado.

$$l_A = l_C - \pi(D + d)/2 = 845 - \pi(190 + 75)/2 = 428,74mm \quad (4.32)$$

E o ajuste da distância entre centros é dada por:

$$C = \frac{l_A - h(D - d)}{2} = \frac{428,74 - 0,14(190 - 75)}{2} = 206,32mm \quad (4.33)$$

onde:

C = Distância entre centros corrigida [mm];

h = Fator de correção da distância entre centros (tabelado);

Por último, foi necessário determinar a quantidade de correias necessárias. A capacidade de transmissão por correia é dada por:

$$Q = \frac{H_m \cdot k_s \cdot nd}{H_c \cdot k_1 \cdot k_2} = \frac{1 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{0,91 \cdot 0,82 \cdot 0,85} = 2,6 \quad (4.34)$$

onde:

$H_m$  = Potência do motor [cv];

$H_c$  = Potência admissível por correia [cv];

$k_s$  = Fator de serviço;

$k_1$  = Fator de correção do arco de contato;

$k_2$  = Fator de correção do comprimento;

nd = Fator de segurança;

obs1: o fator de correção do arco de contato é determinado a partir do modelo e perfil da correia (tabela);

obs2: o fator de correção do comprimento é determinado pelos diâmetros das polias e distância entre centros (tabela);

Portanto, serão utilizadas 3 correias A32 e polias de 75 mm e 190 mm com 3 canais perfil A. A figura 48 ilustra o motor e as duas polias e uma vista mais ampla pode ser obtida na figura 55.

Tabela 12 – Resumo de seleção das correias

Diâmetro polia menor	75 mm
Rotação polia menor	450 rpm
Diâmetro polia maior	190 mm
Rotação polia maior	1140 rpm
Correia selecionada	A32
Distância entre centros	206 mm
Número de correias	3

#### 4.4.2 Chavetas

As chavetas são utilizadas para transmitir o torque do eixo para a polia ou da polia para o eixo. São dimensionadas contra esmagamento e cisalhamento. Será utilizada uma chaveta para o eixo do motor ( $d = 24$  mm) e outra para o eixo do fuso ( $d = 20$  mm). A chaveta do motor possui dimensões de altura e largura de 7 x 8 mm, retiradas do desenho do motor. A chaveta do fuso de acionamento terá 6 x 6 mm segundo tabela retirada do livro elemento de máquinas de Shigley [22]. As chavetas serão de aço 1020 laminado a quente, com resistência ao escoamento de 330 MPa. O fator de segurança utilizado foi de 2, porém como abordado posteriormente, o valor escolhido para o projeto é muito superior ao calculado. Para cisalhamento, o comprimento mínimo da chaveta é:

$$l_{cis.motor} = \frac{2 \cdot T \cdot n}{0,577 \cdot d \cdot S_y \cdot t} = \frac{2 \cdot 8 \cdot 2}{0,577 \cdot 24 \cdot 330 \cdot 7} = 1mm \quad (4.35)$$

$$l_{cis.fuso} = \frac{2 \cdot T \cdot n}{0,577 \cdot d \cdot S_y \cdot t} = \frac{2 \cdot 16 \cdot 2}{0,577 \cdot 20 \cdot 330 \cdot 6} = 2,8mm \quad (4.36)$$

E para esmagamento:

$$l_{esm.motor} = \frac{4 \cdot T \cdot n}{d \cdot S_y \cdot h} = \frac{4 \cdot 8 \cdot 2}{24 \cdot 330 \cdot 8} = 1mm \quad (4.37)$$

$$l_{esm.fuso} = \frac{4 \cdot T \cdot n}{d \cdot S_y \cdot h} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 2}{20 \cdot 330 \cdot 6} = 3,23mm \quad (4.38)$$

Pelo fato do torque ser muito baixo, o comprimento resultante das chavetas é muito pequeno. Desta forma, foi utilizado o comprimento já usinado no eixo do motor e do fuso: 36 mm para o motor e 30 mm para o fuso. Além disso, os rasgos da chaveta devem ter tolerância P9 e a chaveta tolerância h9 visando ajuste forçado para montagem fixa, visto que não serão utilizados anéis de retenção.

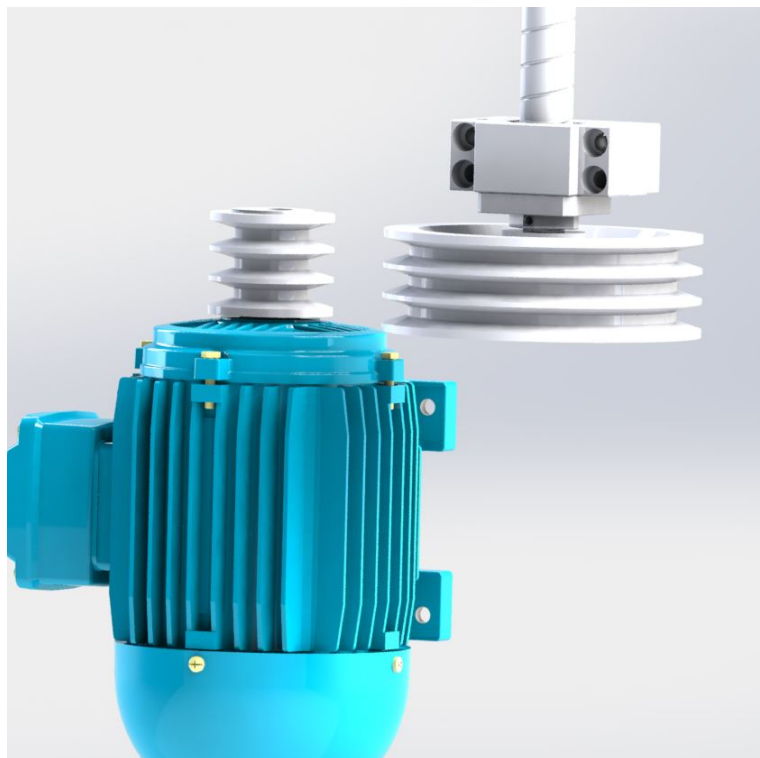


Figura 48 – Ilustração do conjunto de acionamento

## 4.5 Porca de segurança

Por norma, a plataforma acionada por fuso pode contar com uma porca de segurança. As porcas de segurança são acopladas à castanha e tem por objetivo a prevenção diante de uma queda descontrolada da porca sobre o fuso. E funcionamento normal, toda carga é aplicada sobre a castanha principal e a porca de segurança opera livre. Caso ocorra falha na porca principal, esta assenta-se sobre a porca principal, fazendo com que a plataforma não possa mais elevar ou descender.

## 4.6 Fixação do equipamento

A plataforma possui contato com a estrutura da residência em 6 pontos: 4 pontos nos dois eixos com rolamentos lineares e 2 pontos do fuso de potência. Os eixos lineares geram carga de tração nos parafusos, enquanto que os fusos geram carga de cisalhamento.



Para os eixos lineares, temos que a força em cada rolamento é 4,9 kN. Utilizando o fator de segurança de projeto  $n_d = 3,89$ , temos 1945 kgf. Assumindo que a carga é dividida pelos dois chumbadores no suporte de eixo, cada chumbador deve resistir a no mínimo 972,5 kgf. A figura 49 mostra o catálogo do fabricante Walsywa [26].

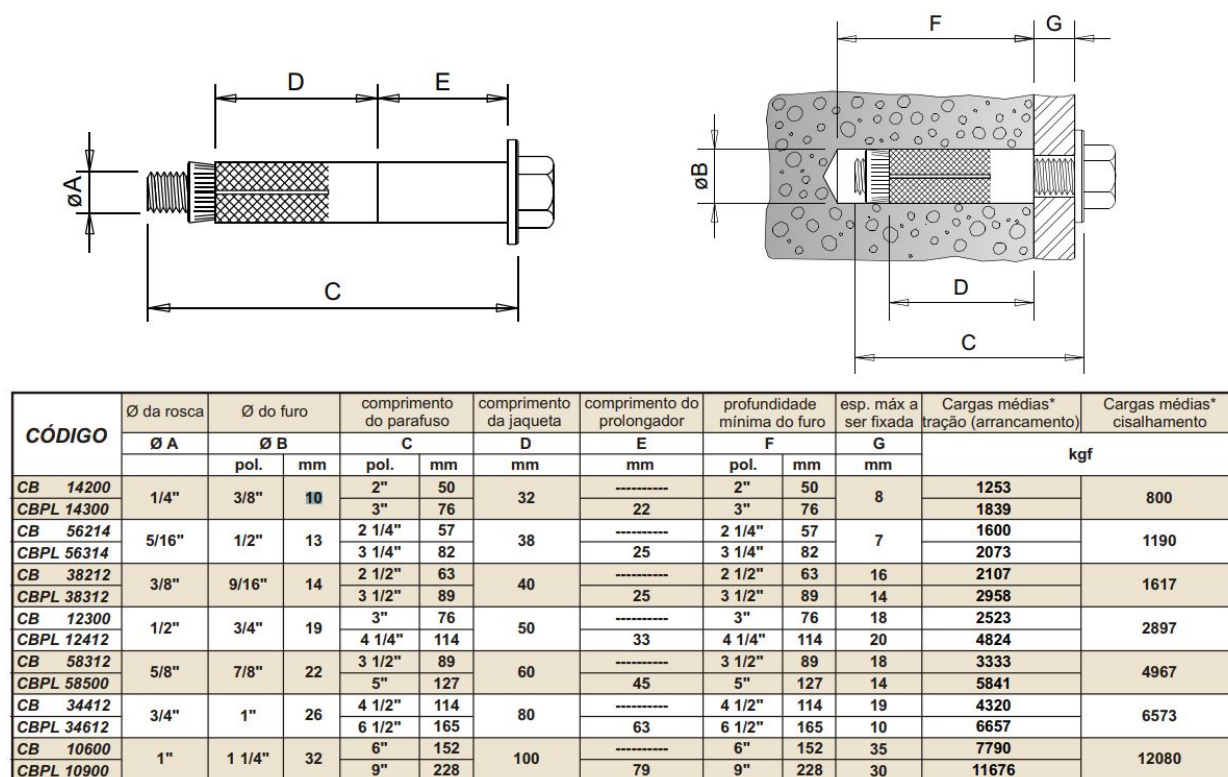


Figura 49 – Parte do catálogo de chumbadores mecânicos.

Quando um chumbador expansivo é arrancado do concreto por esforço de tração, ele arranca uma porção de concreto em forma de cone de aproximadamente 1,5 vezes a profundidade de embutimento do chumbador. Dessa forma a distância mínima de instalação entre dois chumbadores deve ser de 3 vezes a profundidade de embutimento [26]. Isso exclui a possibilidade de instalação dos suportes dos eixos lineares diretamente no concreto, portanto será necessário a utilização de chapas de aço, como ilustrado na figura 50.

Os parafusos utilizados para prender o suporte de eixo na chapa de 8 mm são iguais aos parafusos utilizados no chumbador: classe 8.8 e diâmetro de 1/4", que garantem a mesma resistência aos esforços aplicados. A figura 51 mostra uma simulação feita para garantir que os esforços aplicados não irão gerar escoamento. Também é possível ver que a máxima tensão atingida é de 112 MPa, enquanto que a tensão de escoamento do aço 1020 é de 351 MPa. O fator de segurança obtido foi de 3,13. Esse fator de segurança é satisfatório, já que a falha do componente não é crítica.

Para o suporte dos mancais do fuso, os esforços aplicados são de cisalhamento e tração combinados. Foi utilizada a mesma chapa do suporte do eixo, porém são utilizadas

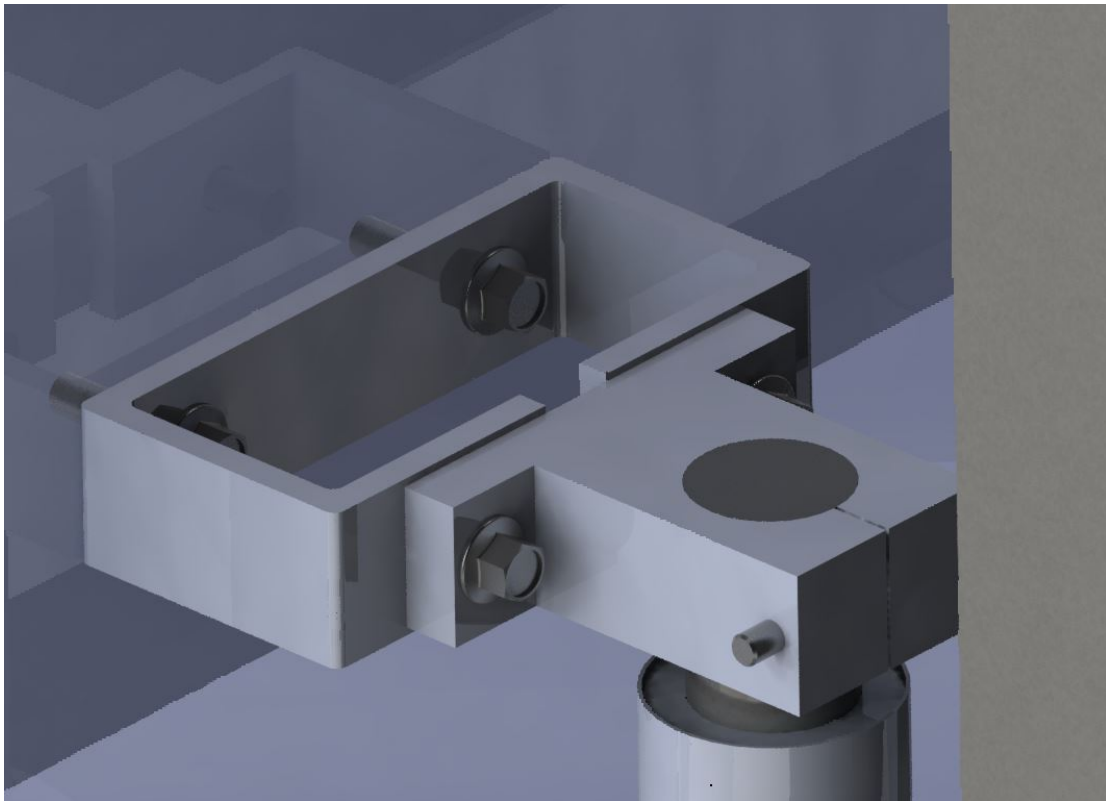


Figura 50 – Ilustração de um suporte do eixo para rolamento linear

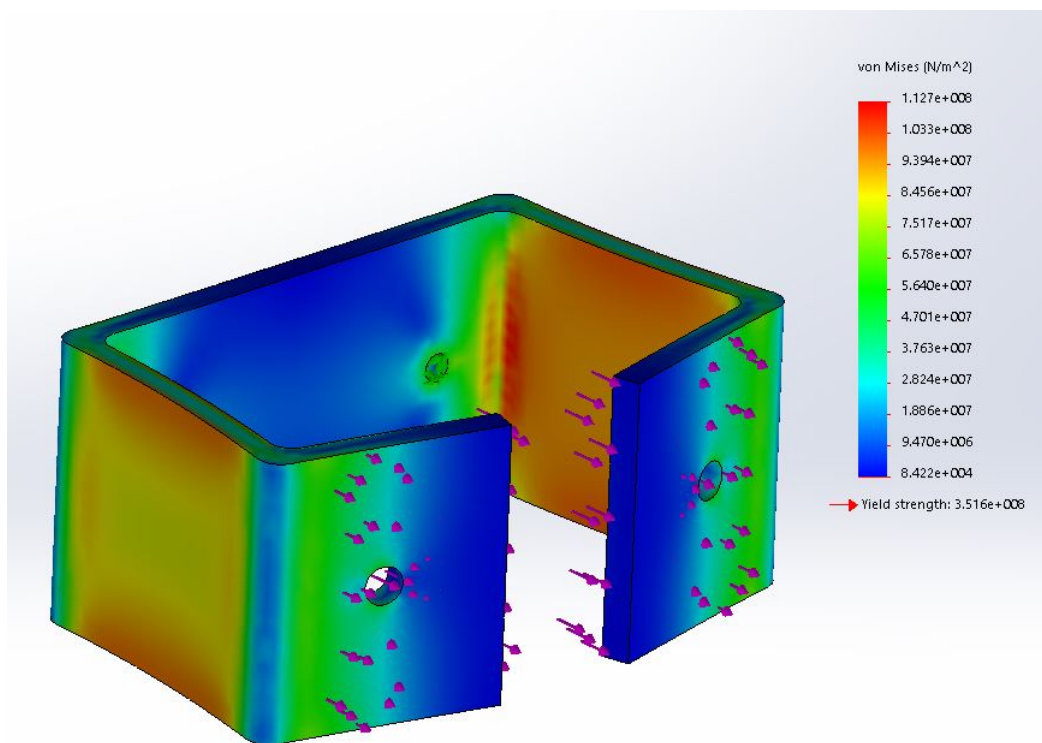


Figura 51 – Simulação das tensões no suporte de eixo

duas chapas, como ilustrado na figura 53.

Em seguida, foi feito uma simulação dos esforços aplicados (figura 53) para garantir que os esforços aplicados são menores que os limites de escoamento do material com um

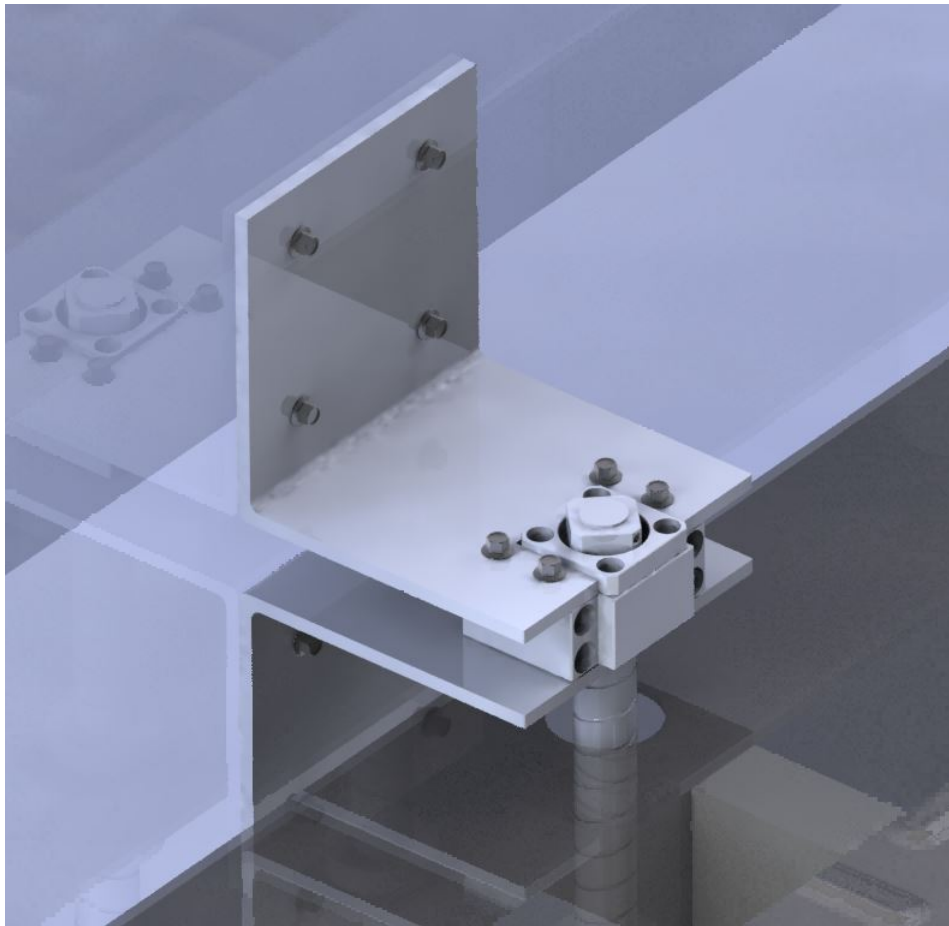


Figura 52 – Ilustração da montagem dos suportes de mancais para o fuso de esferas

fator de segurança igual ou maior que o de projeto, pois a falha desse componente é crítica. Neste caso, a tensão máxima foi de apenas 62 MPa, e o fator de segurança é de 5,66. Foi utilizado um bloco para representar o mancal do fuso, pois como o mancal possui muitas particularidades como pequenos furos, roscas, rolamentos, etc, o programa não consegue criar uma malha para fazer a simulação.

Para a fixação do motor no concreto, serão utilizados 4 chumbadores iguais aos selecionados tanto para suporte do eixo quanto o suporte do mancal.

Os chumbadores mecânicos utilizados são indicados para aplicação em concreto normal. O concreto é classificado pelo valor de sua resistência à compressão, podendo ser C10, C15, até C50. Os números indicadores da classe representam a resistência à compressão em MPa em um período de cura de 28 dias. O concreto é basicamente constituído por uma mistura de cimento, água, brita, areia. De maneira simplificada, pode-se classificar o concreto em concreto pré-moldado ou concreto usinado. Os dados da tabela são especificados para concreto normal C30, ou seja, com resistência à compressão de 30 MPa. Para aplicação na estrutura, será necessário concreto com resistência igual ou superior ao C30, e não de alvenaria constituída de tijolo estrutural oco, bloco de concreto oco ou tijolo maciço, como comumente é encontrado. Apesar disso, é possível que seja feito um estudo para utilização desses materiais.

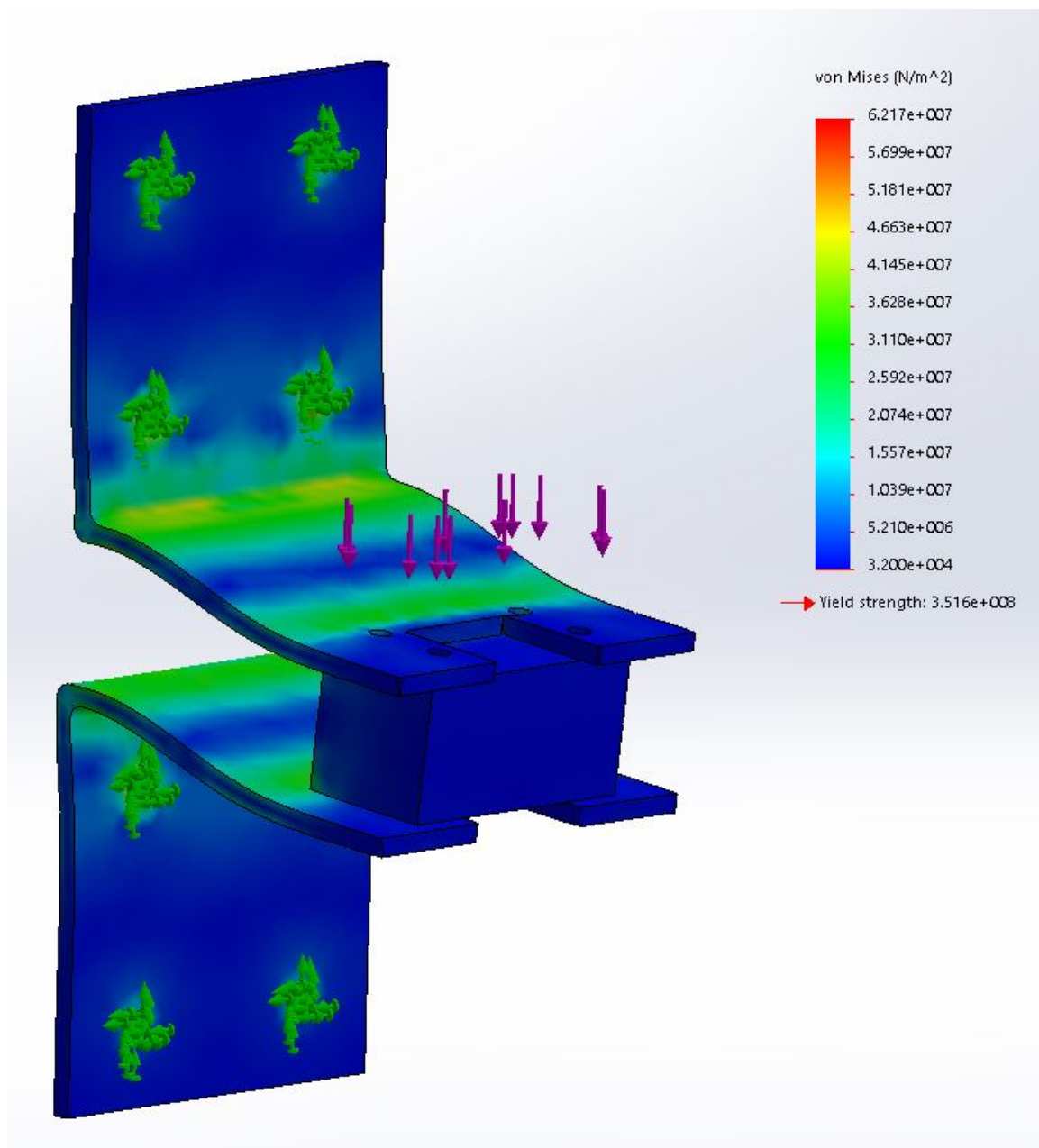


Figura 53 – Simulação do suporte para mancal do fuso de esferas

A figura 54 ilustra o conjunto totalmente fixado na parte superior, e a figura 55 na parte inferior.

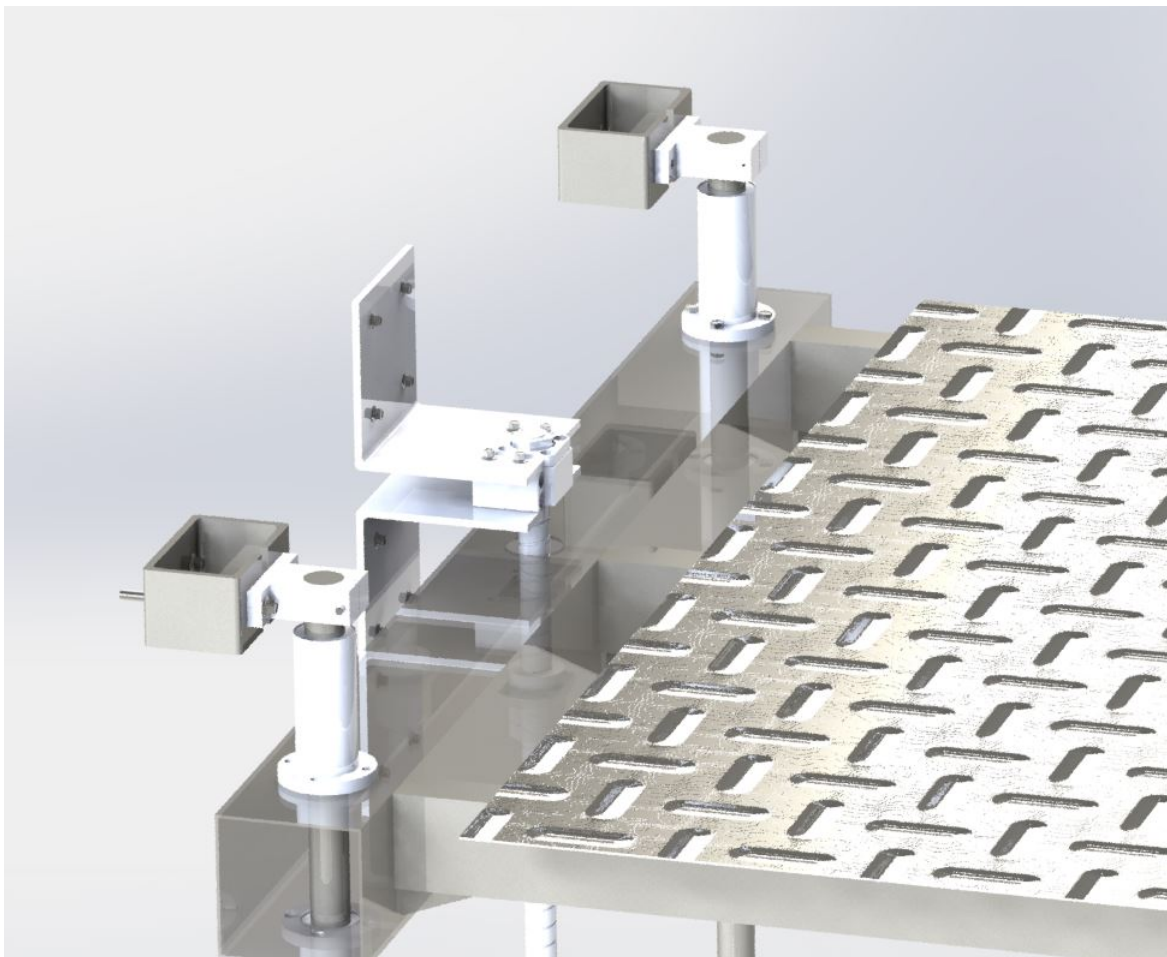


Figura 54 – Ilustração do conjunto fixo ao concreto na parte superior do equipamento

## 4.7 Alimentação e controle dos componentes elétricos

### 4.7.1 Inversor de frequência e CLP

Para que o equipamento funcione como foi projetado, é necessário um projeto elétrico. O motor selecionado é alimentado por uma rede trifásica, disponível na residência. Para isso, será usado um inversor de frequência e um CLP. Como explicado no capítulo 3, o inversor de frequência é utilizado neste projeto para controlar a rampa de aceleração e desaceleração do motor, enquanto que o CLP é usado para comandar o acionamento do motor com base no recebimento de sinais de sensores e atuadores. A utilidade do CLP é fazer com que o sistema seja automatizado. A figura 56 ilustra o circuito do motor.

Como pode ser observado, a rede de alimentação trifásica R, S e T, pode ser diretamente ligada ao inversor de frequência, enquanto que o motor é ligado nas saídas U V e W, fazendo com que o motor "M" seja alimentado. No inversor de frequência será configurado uma rampa de partida e de frenagem (tempo que o motor sai da inércia até a velocidade nominal, e da velocidade nominal até a completa parada). Além disso, no inversor de frequência é conectado um botão de emergência, que faz com que o circuito



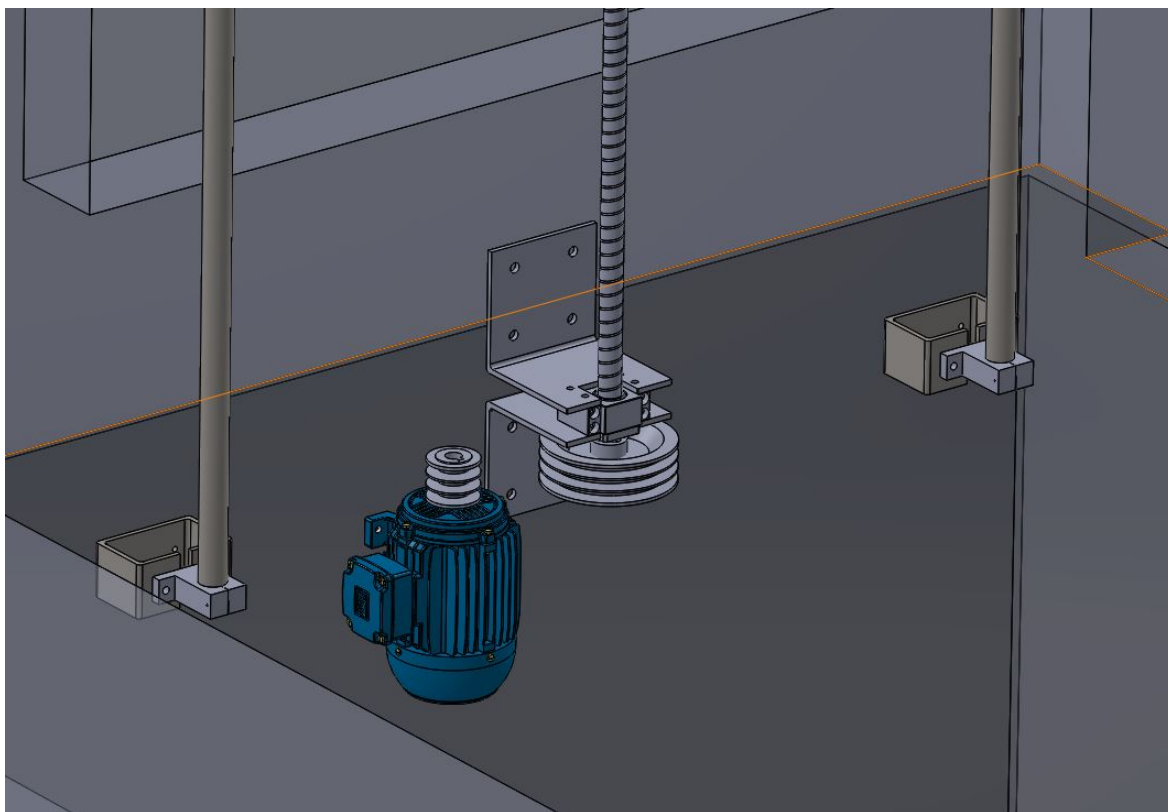


Figura 55 – Ilustração do conjunto fixo ao concreto na parte inferior do equipamento

seja desenergizado completamente.

Na parte direita da imagem, podemos observar a entrada do PLC (ou CLP, em português). O CLP será conectado aos sensores de fim de curso e posicionamento da plataforma, além dos botões de subida e descida na plataforma e dos botões de chamada nos dois pavimentos. A partir da configuração do CLP em linguagem Ladder, o programa recebe os dados dos sensores ou atuadores e toma a decisão para o motor. Por exemplo, se o motor está no pavimento inferior e um usuário faz um chamado do pavimento superior, o sensor de posicionamento avisa ao programa que a plataforma se encontra no piso inferior e portanto, precisa subir. O programa então envia um sinal para o inversor de frequência acionar o motor no sentido correto e mover a plataforma para cima. Assim que a plataforma atinge determinado sensor de pavimento, o programa recebe a informação que a plataforma está próxima ao destino e que deve começar a desacelerar, enviando novamente um sinal para o inversor de frequência iniciar a rampa de desaceleração do motor.

A plataforma contará com três tipos de botões conforme a norma NBR9386-1 [15]: botões de operação, alarme de emergência e parada de emergência. É importante ressaltar que de acordo com a norma NBR 9386-1, é necessário garantir que o botão seja mantido pressionado durante toda a viagem. Cada pavimento contará com um botão de chamada e um botão de emergência protegido. Serão utilizados seis sensores: dois de fim de curso, dois de parada e dois de posicionamento.

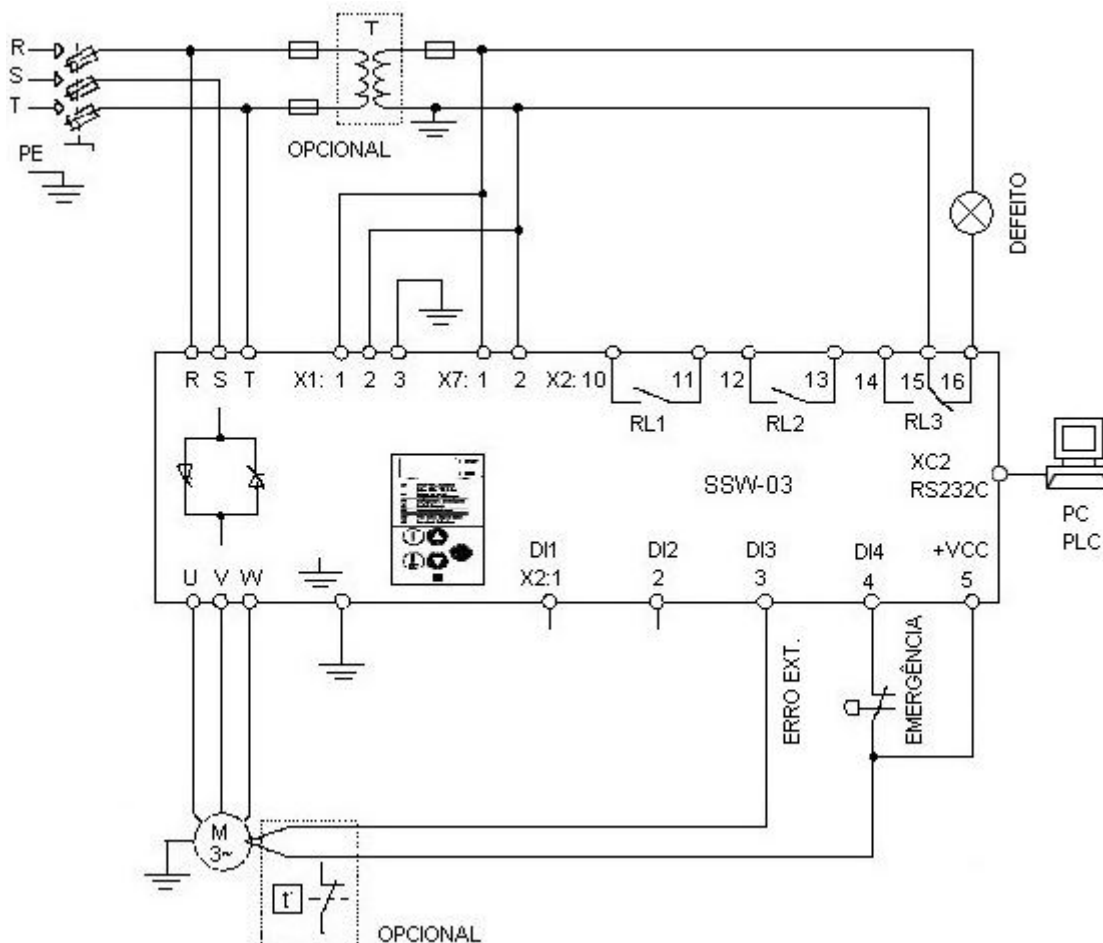


Figura 56 – Ilustração circuito de alimentação e controle do motor [20]

Os componentes elétricos para comando e controle do motor ficarão em um quadro elétrico destinado à este propósito.

#### 4.7.2 Alimentação da bobina de freio

A alimentação da bobina do freio deve ser feita por corrente contínua, que pode ser fornecida diretamente por uma fonte de tensão contínua ou por retificador, que transforma a corrente alternada em contínua e filtra os picos indesejáveis de tensão permitindo um rápido desligamento da corrente elétrica. A alimentação não pode ser feita diretamente pelos bornes do motor, pois será utilizado inversor de frequência, portanto a ponte retificadora deve ser diretamente alimentada pela rede (R, S e T). A figura 57 ilustra a caixa de alimentação do motor:

### 4.8 Levantamento de custos

A análise de custo da plataforma foi feita levando em conta três tipos de custos principais: material a ser adquirido, fabricação da estrutura e montagem do equipamento.



Figura 57 – Ilustração da caixa de alimentação do motor[20]

Os custos de fabricação da plataforma foram retirados das tabelas de custo médio de processos de fabricação e materiais disponibilizadas pela Sociedade dos Engenheiros da Mobilidade (SAE)[27]. O material a ser adquirido é disposto na tabela 13 e os custos de fabricação na tabela 14.



Tabela 13 – Custo de compra das peças

Peça	Material/Marca	Preço unit.	QTD	Preço total
Viga 100x50x2,65 mm	SAE 1020	R\$ 5	18 kg	R\$ 90
Viga 100x50x2,65 mm	SAE 1020	R\$ 5	9,6 kg	R\$ 48
Viga 150x150x3,25 mm	SAE 1020	R\$ 5	24,3 kg	R\$ 125
Chapa 2,65 mm	SAE 1020	R\$ 5	0,04 kg	R\$ 0,2
Chapa 2,65 mm	SAE 1020	R\$ 5	4 kg	R\$ 20
Eixo linear d = 30 mm	SAE 52100	R\$ 545	2	R\$ 1090
Rolamento LMEF 30L UU	OBR	R\$ 130	4	R\$ 520
Suporte SK30	OBR	R\$ 60	4	R\$ 240
Fuso 32x20	Ipiranga	R\$ 1870	1	R\$ 1870
Castanha	Ipiranga	R\$ 1165	1	R\$ 1165
Mancal BK25	Kalatec	R\$ 700	2	R\$ 1400
Polia A	Ferro fundido	R\$ 180	1	R\$ 180
Polia B	Ferro fundido	R\$ 75	1	R\$ 75
Correia	Goodyear	R\$ 33,80	3	R\$ 101,4
Motoredutor W22 1cv	WEG	R\$ 2100	1	R\$ 2100
Graxa NGLI 2	SKF	R\$ 35,00	1	R\$ 35
Chumbador 14200	Walsywa	R\$ 2	28	R\$ 66,08
Parafuso classe 8.8 1/4"	Vonder	R\$ 0,40	36	R\$ 14,4
Parafuso classe 8.8 1/8"	Vonder	R\$ 1,20	4	R\$ 4,8
Porca classe 8.8 1/4"	Vonder	R\$ 0,25	36	R\$ 9
Porca classe 8.8 1/8"	Vonder	R\$ 0,20	4	R\$ 0,8
Inv. de freq. CFW 10	WEG	R\$ 690	1	R\$ 690
CLP WEG CLIC02	WEG	R\$ 905	1	R\$ 905
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 10486,68</b>

Tabela 14 – Custos de fabricação e instalação

Processo	Preço unitário	QTD	Preço total
Soldagem	R\$ 0,5/cm	280 cm	R\$ 140
Usinagem	R\$ 0,38/cm <sup>3</sup>	398,33 cm <sup>3</sup>	R\$ 151,37
Dobra	R\$ 1,20/cm	128 cm	R\$ 153,6
Instalação (2 pessoas)	R\$ 40,00/h	8 h	R\$ 320
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 764,97</b>

Alguns outros custos ainda estão associados a implementação do elevador, como corrimão, proteção dos controles, botões, sensores, caixa, vidros, portas de pavimento e obra civil. Por entender-se que esses componentes não fazem parte do projeto mecânico, como apresentado no capítulo 5, não serão apresentados aqui.

# 5 SISTEMAS COMPLEMENTARES

Este capítulo destina-se a prover um estudo sobre os sistemas complementares da plataforma. Apesar de baseados na norma NBR9386-1, os itens aqui apresentados não serão projetados, sendo sugestões para a aplicação. Seu detalhamento como fixação e fabricação não serão apresentado neste trabalho por entender-se que não fazem parte do projeto mecânico do equipamento. A figura 58 ilustra como o projeto deve ficar após instalação dos sistemas citados.

## 5.1 Proteção contra queda

A barreira é um dispositivo ou um conjunto disposto com função de proteção contra queda na plataforma. Existem duas situações distintas para determinação das barreiras presentes na plataforma: caixa enclausurada ou não enclausurada. Uma caixa enclausurada é definida pela norma NBR9386-1 [15] como uma *"caixa na qual o espaço é completamente limitado pelo fundo do poço e um invólucro sólido (não necessariamente um teto e/ou portas de pavimento atingindo uma altura acima da posição mais alta do invólucro da plataforma)"*.

Para caixas não enclausuradas, determina-se que caso haja um percurso superior a 2000 mm, deve ser provido uma barreira com altura mínima de 1100 mm contando com uma barra intermediária nos primeiros 300 mm de altura.

Para caixas enclausuradas, determina-se apenas que deve ser provido um corrimão fácil de agarrar em pelo menos um dos lados com altura entre 900 mm e 1100 mm.

## 5.2 Construção dos arredores

A norma NBR9386-1 [15] determina que quaisquer objetos que estejam a menos de 400 mm de distância da plataforma devem formar uma superfície vertical lisa e contínua. Ao analisar o projeto em questão, somente o fuso e os eixos lineares devem

ser protegidos. Para isso, será utilizado um fechamento simples, a princípio de chapa de alumínio. Uma outra função dessa proteção, é contra influências externas prejudiciais, como entrada de água e corpos sólidos, poeira, etc. Além disso, para proteger o usuário e o equipamento contra o tempo, a caixa deve ser enclausurada em forma de torre. A torre possui estrutura de aço igualmente espaçadas e com fechamento com vidro. A norma determina que a altura

### 5.3 Porta de pavimento

As aberturas que dão acesso à plataforma devem ser providas de portas de pavimento não perfuradas, de fechamento autônomo, porém estáveis quando abertas, que não abrem para dentro da caixa e quando não forem feitas de material transparente, devem possuir um visor na altura de acima de 1100 mm e com no mínimo 60 mm de largura.

### 5.4 Pintura

Para que o equipamento projetado resista a corrosão e intempéries devido ao contato com o meio externo, é necessário que a estrutura seja protegida por meio da pintura dessas peças. São passíveis do processo de pintura a estrutura de acomodação dos passageiros e os suportes de fixação do fusos e eixos lineares.

A pintura de estruturas metálicas é realizada geralmente com tinta epóxi. Os parâmetros que variam conforme a aplicação são qualidade da tinta para ambientes extremos (como muito quente ou submerso), preparo da superfície e espessura da camada de tinta.

### 5.5 Etiquetas, avisos e instrução de operação

Visando a segurança e orientação dos usuários, a norma determina a correta sinalização do equipamento e operação.

Na plataforma, devem ser exibidas as informações de carga nominal e número de passageiros (250 kg ou 2 passageiros), além da indicação da função de todos os botões dispostos: operação e emergência. O dispositivo de parada de emergência deve ser um botão vermelho e deve ser identificado pelo símbolo STOP. Nos pavimentos não há necessidade de informar sobre a operação, pois há apenas um botão de chamada e outro de emergência.

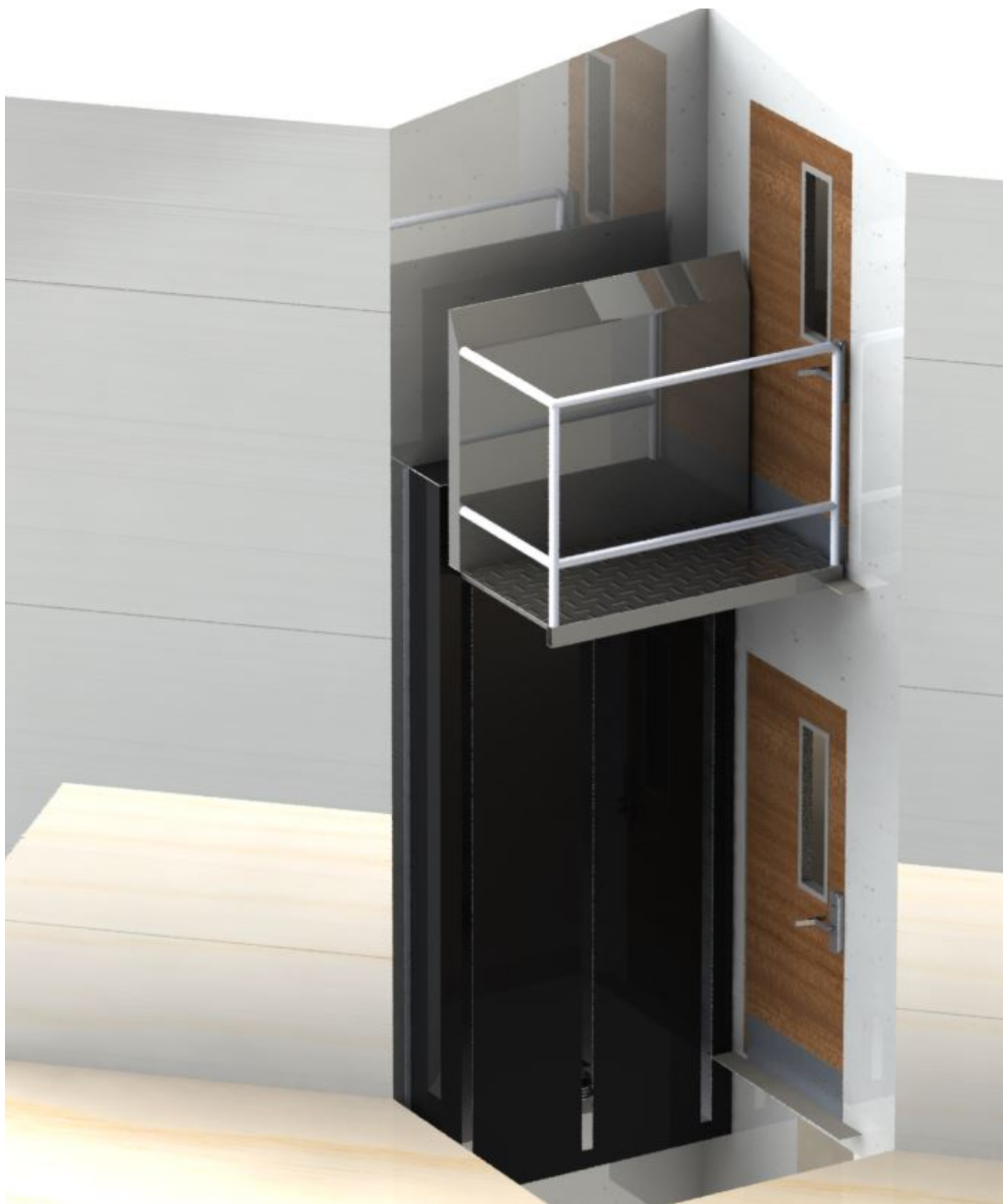


Figura 58 – Ilustração da plataforma com sistemas complementares

# 6 CONCLUSÃO

## 6.1 Considerações finais

Ter uma casa acessível para os moradores é fundamental. É necessário que as pessoas que ali vivem possam viver de forma independente.

Primeiramente, foi realizado um levantamento que resultou na confirmação de demanda pelo produto na região do DF, levando em conta números de idosos, deficientes, tipologia domiciliar e poder aquisitivo. Logo após, foram analisados os produtos existentes no mercado que solucionam o problema de deslocamento, estudo das normas vigentes e por fim um estudo do local de implementação do projeto.

A escolha de uma plataforma de elevação com acionamento por fuso de esferas se deu por diversos aspectos citados nas seções introdutórias e o resultado com essa opção foi satisfatório, sendo um produto significativamente simples e de baixo custo, visto que o preço final da parte mecânica do equipamento foi estimada em R\$11251,65. Não foram levados em conta custos com a obra civil e com componentes como corrimão, botões e sensores e portas de pavimento.

O produto dimensionado é uma plataforma de elevação acionada excentricamente por um fuso de esferas e guiada por um conjunto de rolamentos lineares. Sua estrutura é constituída de perfis retangulares de aço 1020. A plataforma se desloca a uma velocidade de 0,15 m/s e desloca uma carga máxima de 250 kg ou 2 passageiros. É acionada por um motofreio com potência de 1 CV e rotação nominal de 900 rpm. A redução é feita por meio de polias com 3 canais e consequentemente 3 correias. A fixação do equipamento é feita em concreto C30 por meio de chumbadores mecânicos.

Como a intenção é que o equipamento seja implementado, é necessário uma grande atenção no projeto, tanto no aspecto econômico quanto no aspecto comercial. É necessário adotar soluções que sejam viáveis economicamente. Além disso, é imprescindível que seja possível adquirir os componentes, pois não há sentido em projetar ou selecionar componentes que estão não estão disponíveis em catálogos nacionais. Por último, se fez a escolha de selecionar o máximo de componentes possível do mesmo fornecedor, visando a diminuição de custos com fretes e logística de transporte.

## 6.2 Sugestões para trabalhos futuros

É sempre possível aperfeiçoamento de um produto, seja por otimização, melhor atendimento aos requisitos do cliente ou função. Desta forma, para aprimoramento do equipamento sugere-se:

- Simulações mais complexas que permitam a diminuição nas dimensões dos perfis utilizados;
- Aplicação de um sistema com fuso de esferas com castanha rotativa, que permite a utilização de um diâmetro menor e um percurso maior;
- Realizar projeto civil detalhado, a fim de determinar se é possível fixar o equipamento em alvenaria com tijolos ocos ou maciços, que são comumente encontrados nas residências brasileiras;
- Detalhamento do projeto elétrico, com o programa para automação do sistema, posicionamento dos sensores de parada e fim e curso, botões, etc;
- Revisão do capítulo 5, para que haja detalhamento dos itens citados;
- Estudar a utilização de uma estrutura de aço para fixação da plataforma a fim de evitar problemas de alinhamento nas guias e fuso.

# Bibliografia

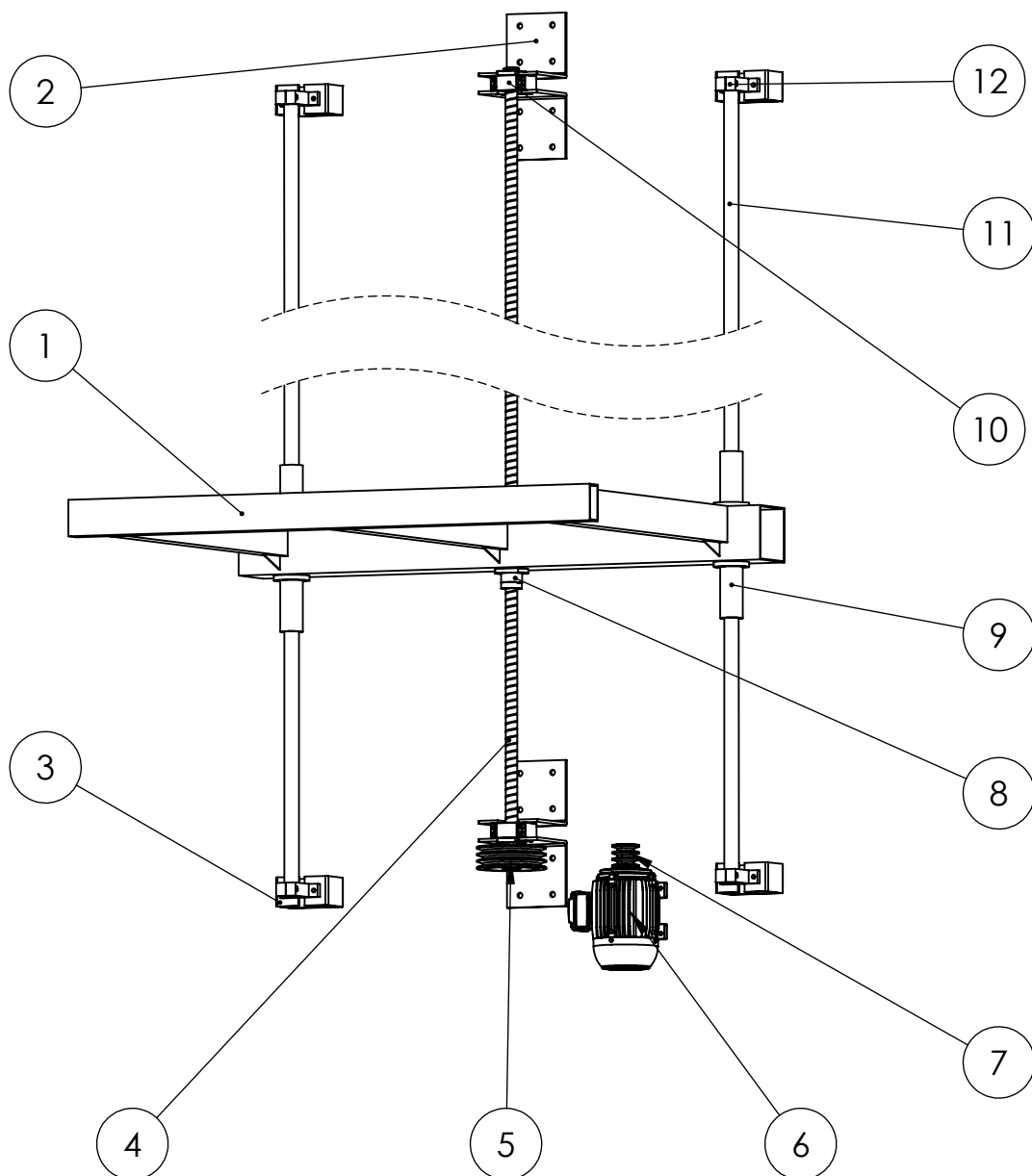
- [1] *Wikipedia*. <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Elevador>>. acessado em 16/11/2018.
- [2] *uol*. <<http://atarde.uol.com.br/imoveis/noticias/1734746-instalacao-de-elevador-em-casa-ou-predio-valoriza-imovel>>. acessado em 20/03/2019.
- [3] Companhia de Planejamento do Distrito Federal – Codeplan. “Perfil das pessoas com deficiência no Distrito Federal”. Em: (2013).
- [4] Companhia de Planejamento do Distrito Federal – Codeplan. “Perfil da população idosa no Distrito Federal”. Em: (2013).
- [5] Sergio - DEURA/Codeplan Jatoba. “Densidades urbanas nas Regiões Administrativas do Distrito Federal”. Em: (2017).
- [6] *Atlas Schindler*. <<https://www.schindler.com/br/internet/pt/home.html>>. acessado em 05/10/2018.
- [7] *SIMI elevadores*. <<http://www.simielevadores.com.br/equipamentos/>>. acessado em 05/10/2018.
- [8] *Kalatec Automação Industrial*. <<http://www.kalatec.com.br>>. acessado em 05/10/2018.
- [9] SNIC. *Cibes Lift*. 2018. URL: <<https://cibeslift.com>>.
- [10] *Prysmian Group*. <<https://www.prysmiangroup.com/en/products-and-solutions>>. acessado em 11/10/2018.
- [11] *thyssenkrupp*. <<http://www.thyssenkruppelevadores.com.br>>. acessado em 29/11/2018.
- [12] *Montele*. <<https://montele.com.br>>. acessado em 29/11/2018.
- [13] *Vacuum Elevators*. <<https://www.vacuumelevators.com/>>. acessado em 20/03/2019.
- [14] ABNT. “**NBR16042** Elevadores elétricos de passageiros — Requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores sem casa de máquinas”. Em: (2012).
- [15] ABNT. “**NBR9386-1** Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida - Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional. Parte 1: Plataformas de elevação vertical”. Em: (2012).
- [16] *Soluções Industriais*. <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/metal-mecanica-e-usinagem/merati/produtos/acessorios/engrenagens-pinhao-cremalheira>>. acessado em 27/11/2018.

- [17] ABNT. “**NBR12892** Projeto, fabricação e instalação de elevador unifamiliar”. Em: (1990).
- [18] ABNT. “**NBR10982** Elevadores elétricos - Dispositivos de operação e sinalização”. Em: (1990).
- [19] ABNT. “**NBR8800** Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.” Em: (2008).
- [20] WEG. <<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/>>. acessado em 20/03/2019.
- [21] Ibatech. <<http://www.ibatech.com.br/>>. acessado em 20/03/2019.
- [22] Joseph Edward Shigley. *Shigley's mechanical engineering design*. Tata McGraw-Hill Education, 2011.
- [23] OBR. <<https://www.obr.com.br/produtos/?serie=lmef-lmef-1>>. acessado em 06/05/2019.
- [24] Ipiranga. “Catálogo Ipiranga Company Português”. Em: ().
- [25] GATES. <<https://www.gatesbrasil.com.br/>>. acessado em 06/05/2019.
- [26] Walsywa - Fixação para construção civil. <<https://www.walsywa.com.br/>>. acessado em 06/05/2019.
- [27] SAE. <<https://www.sae.org/>>. acessado em 06/05/2019.




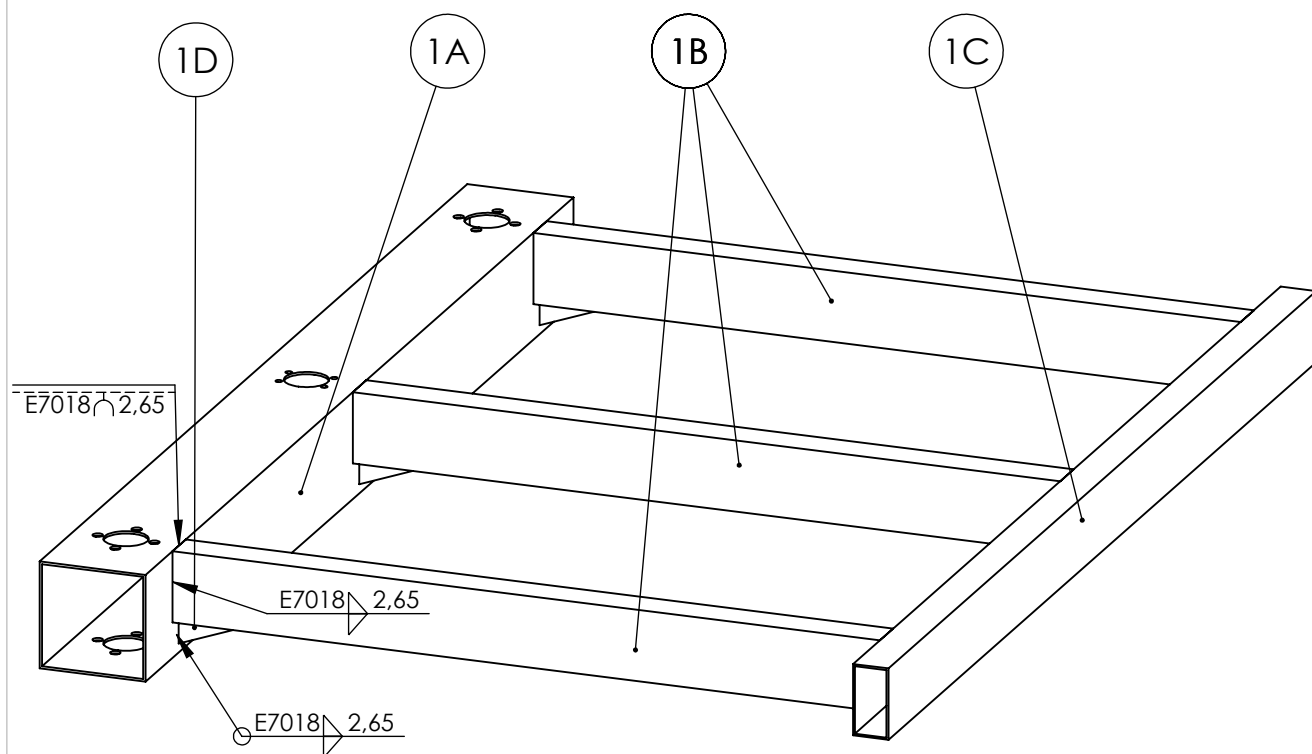
## Anexos

# A Desenhos Técnicos




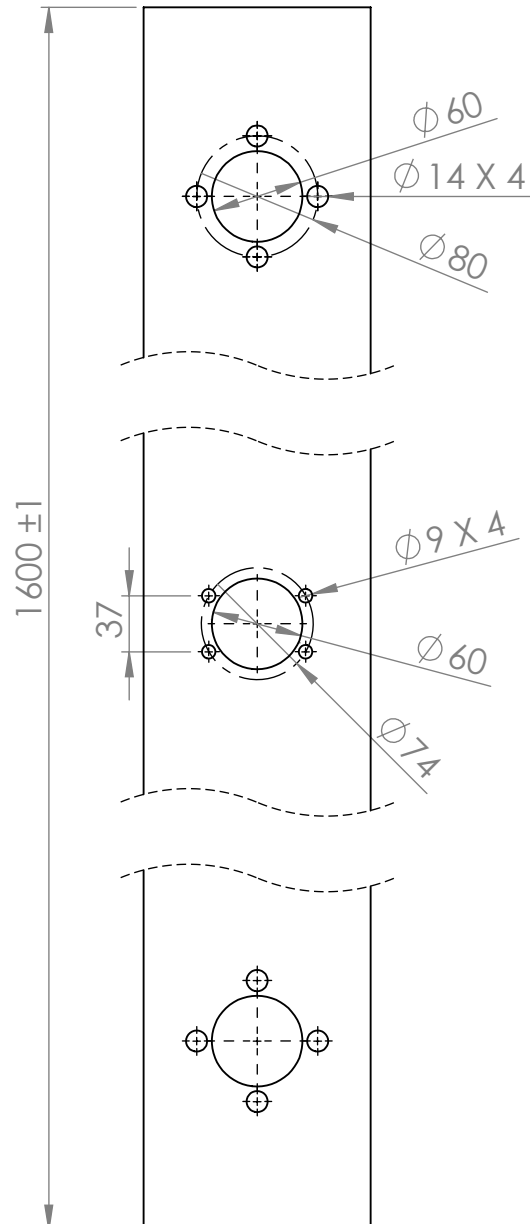
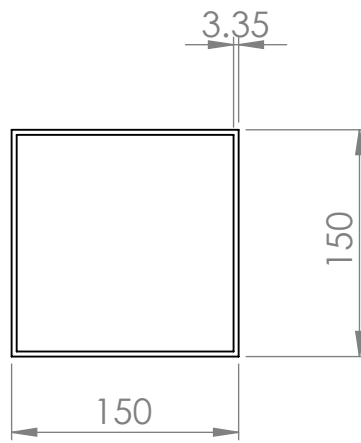
Nº	Descrição	Especificação	QTD
1	Estrutura	SAE 1020	1
2	Suporte do fuso	SAE 1020	4
3	Chapa de fixação	SAE 1020	4
4	Fuso de potência	32 x 20 mm (d x p)	1
5	Polia acionada	190 mm perfil A 3 canais	1
6	Motor elétrico	W22 1CV 6p	1
7	Polia de acionamento	75 mm perfil A 3 canais	1
8	Castanha	16.3220	1
9	Rolamento linear	LMEF 30L UU	4
10	Mancal do fuso	BK25	2
11	Suporte de eixo	SK30	4
12	Eixo linear	SAE 52100	2


Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA					
Projetista: Túlio Batista Gomes	DESENHO DE CONJUNTO					
Material: -----	Escala: 1:20	Tol. geral: -----		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 1/12

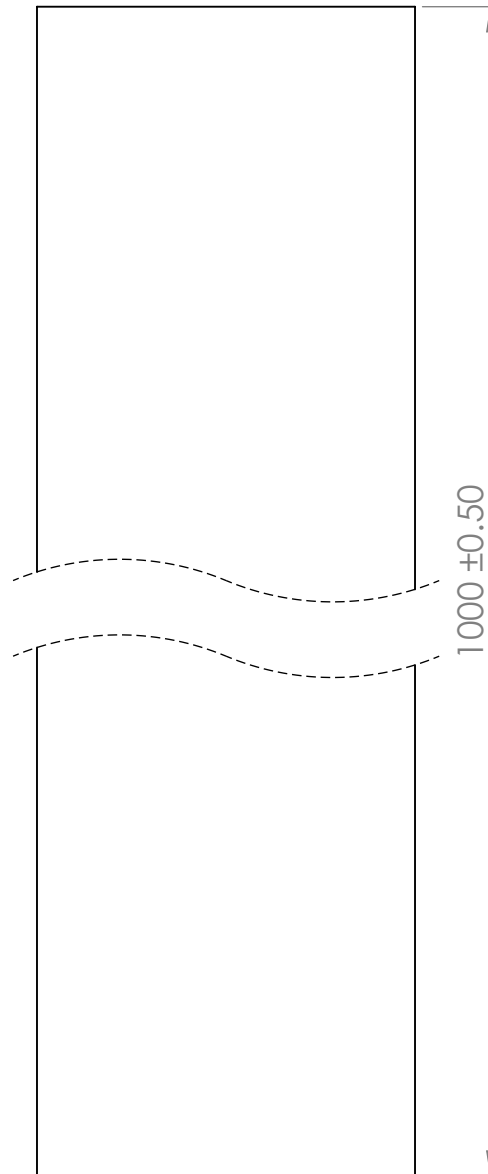
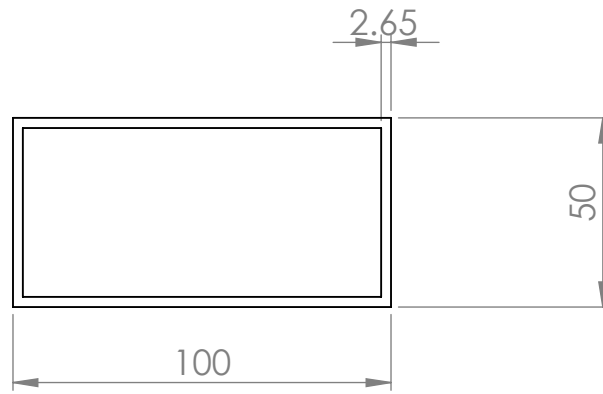



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1A	Viga de acionamento	1
1B	Viga principal	3
1C	Viga de união	1
1D	Chapa de reforço	3

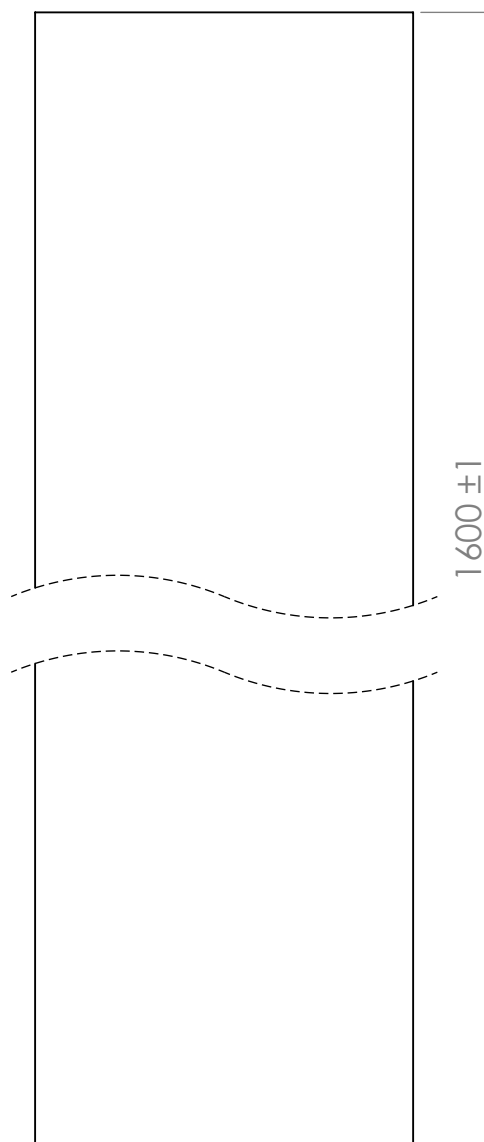
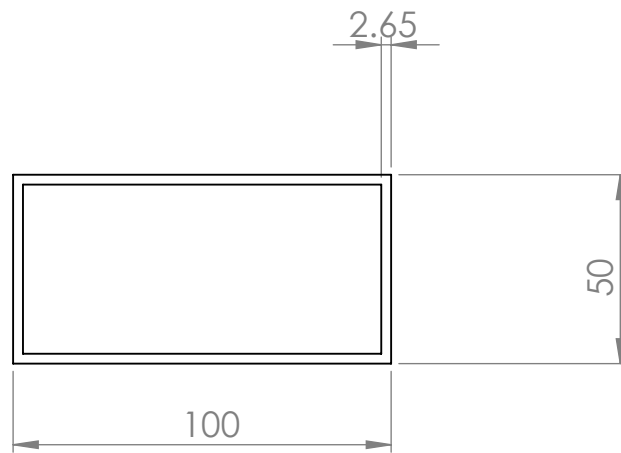
Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA						
Projetista: Túlio Batista Gomes	MONTAGEM DA ESTRUTURA DE ACOMODAÇÃO DOS PASSAGEIROS						
Material: SAE 1020	Escala: 1:10	Tol. geral: -----		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 2/12	



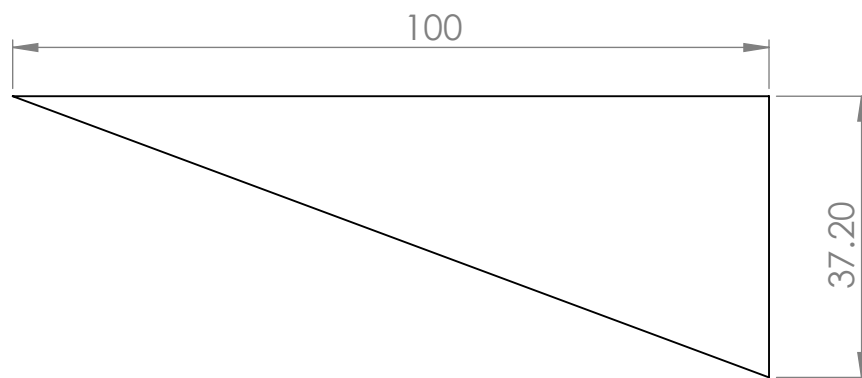
Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA					
Projetista: Túlio Batista Gomes	1A - VIGA DE ACIONAMENTO E ALINHAMENTO					
Material: SAE 1020	Escala: 1:5	Tol. geral: 0,1 mm		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 3/12



Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA					
Projetista: Túlio Batista Gomes	1B - VIGA PRINCIPAL					
Material: SAE 1020	Escala: 1:2	Tol. geral: 0,1 mm		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 4/12



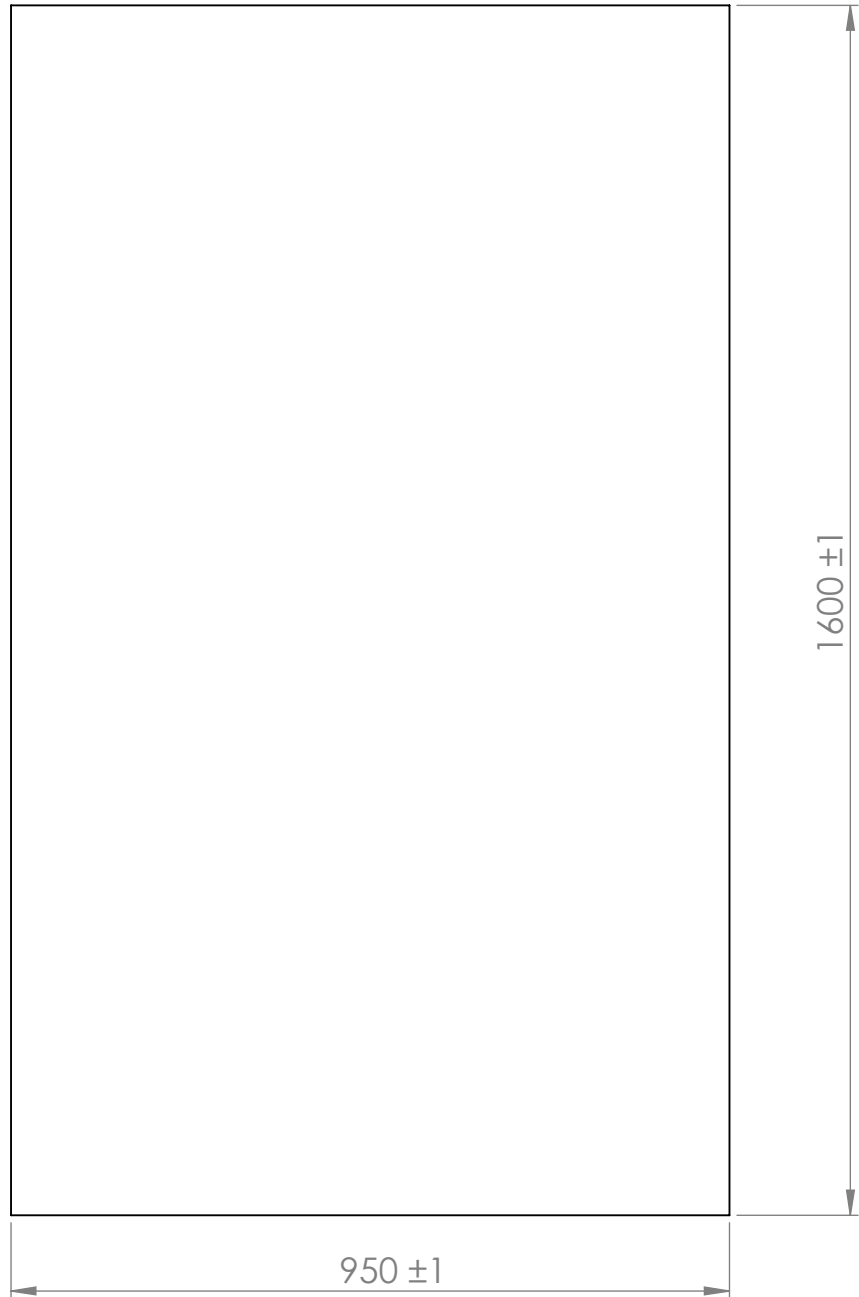
Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA					
Projetista: Túlio Batista Gomes	1C - VIGA DE UNIÃO					
Material: SAE 1020	Escala: 1:2	Tol. geral: 0,1 mm		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 5/12



ESP.: 2,65 mm

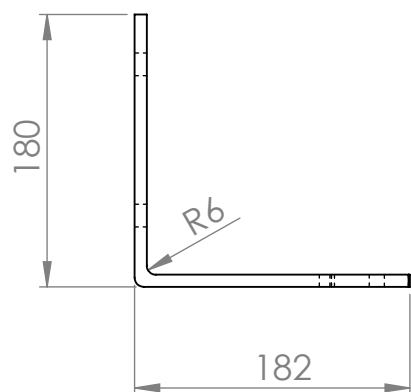
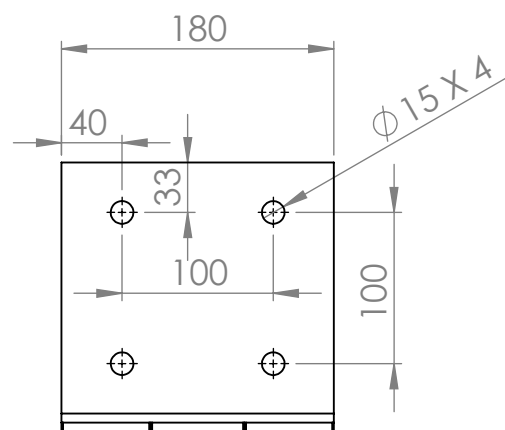
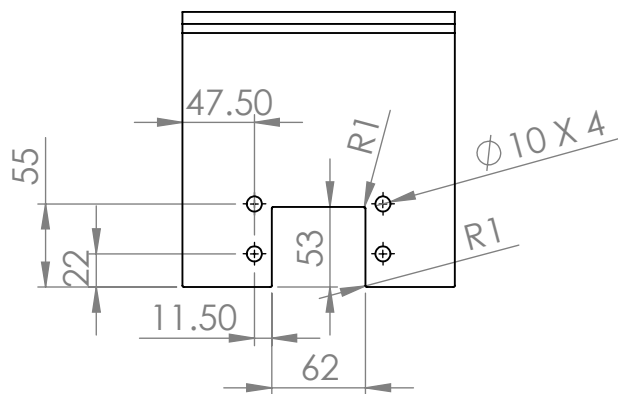
Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA					
Projetista: Túlio Batista Gomes	1D - CHAPA DE REFORÇO					
Material: SAE 1020	Escala: 1:1	Tol. geral: 0,1 mm		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 6/12



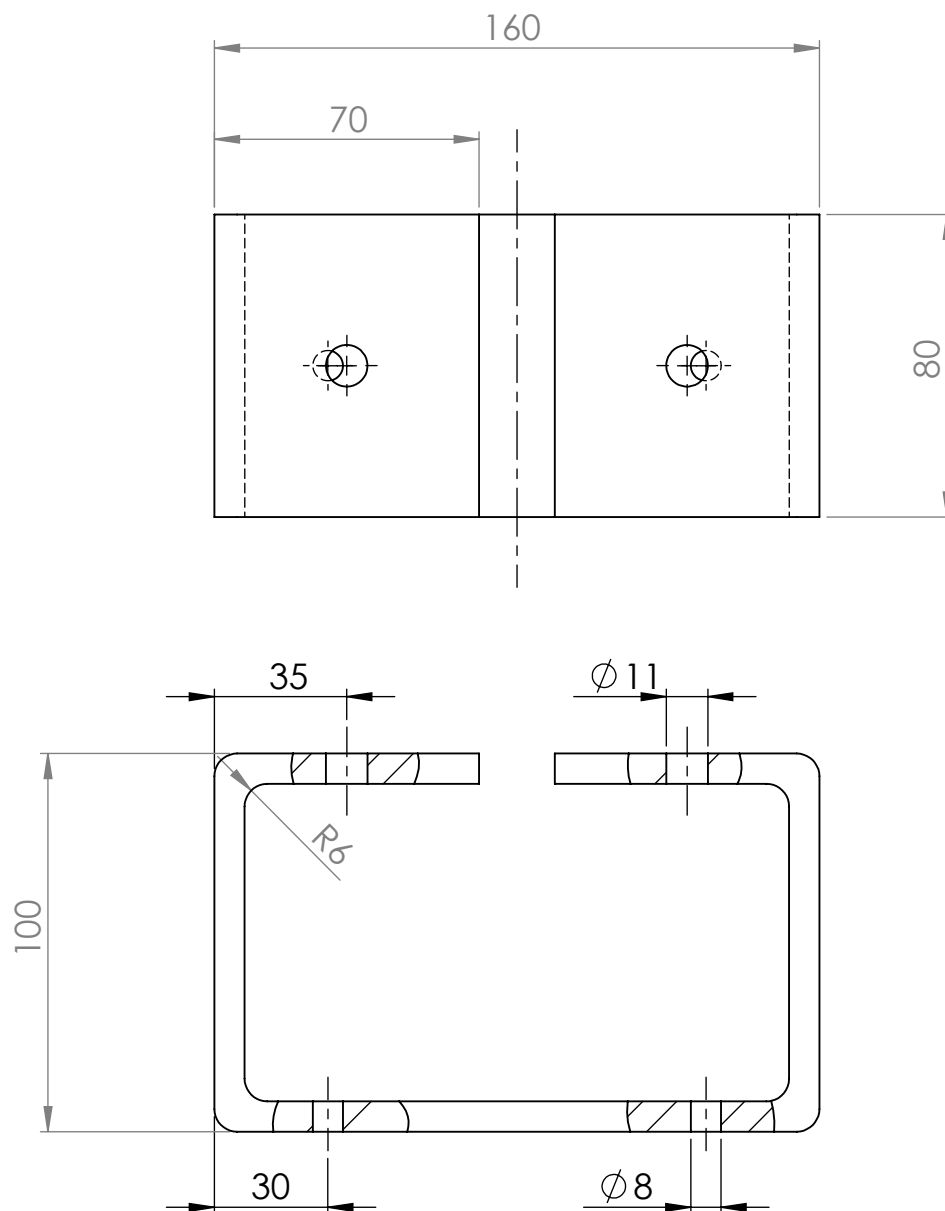


ESP.: 2,65 mm

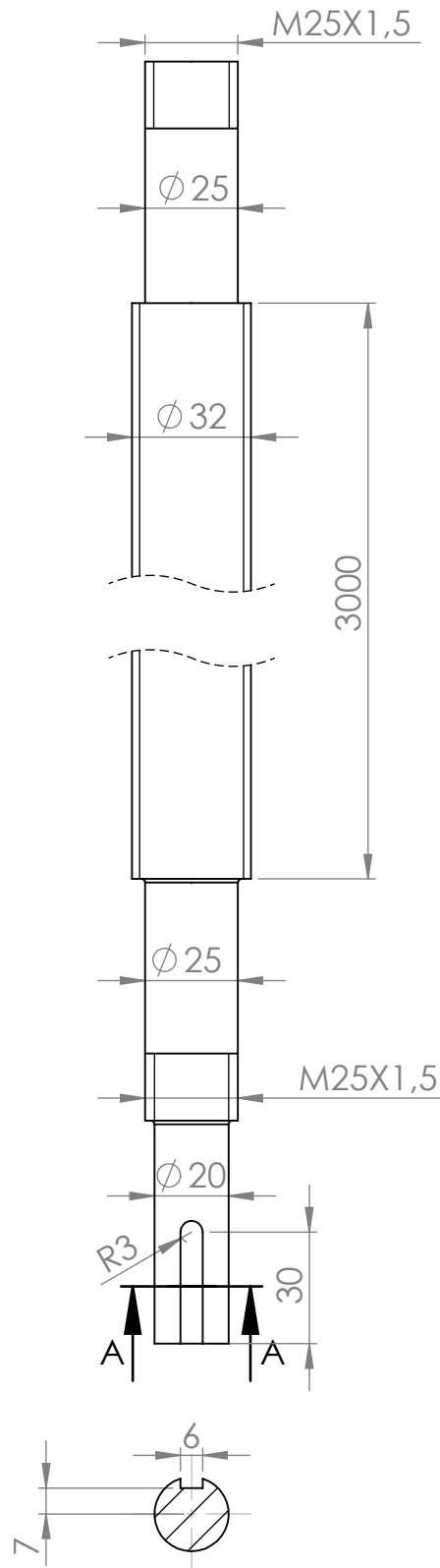
Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA					
Projetista: Túlio Batista Gomes	1E - CHAPA DE ACOMODAÇÃO PASSAGEIROS					
Material: SAE 1020	Escala: 1:10	Tol. geral: 0,1 mm		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 7/12



Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA					
Projetista: Túlio Batista Gomes	2 - CHAPA DE FIXAÇÃO MANCAL DO FUSO					
Material: SAE 1020	Escala: 1:5	Tol. geral: 0,1 mm		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 8/12

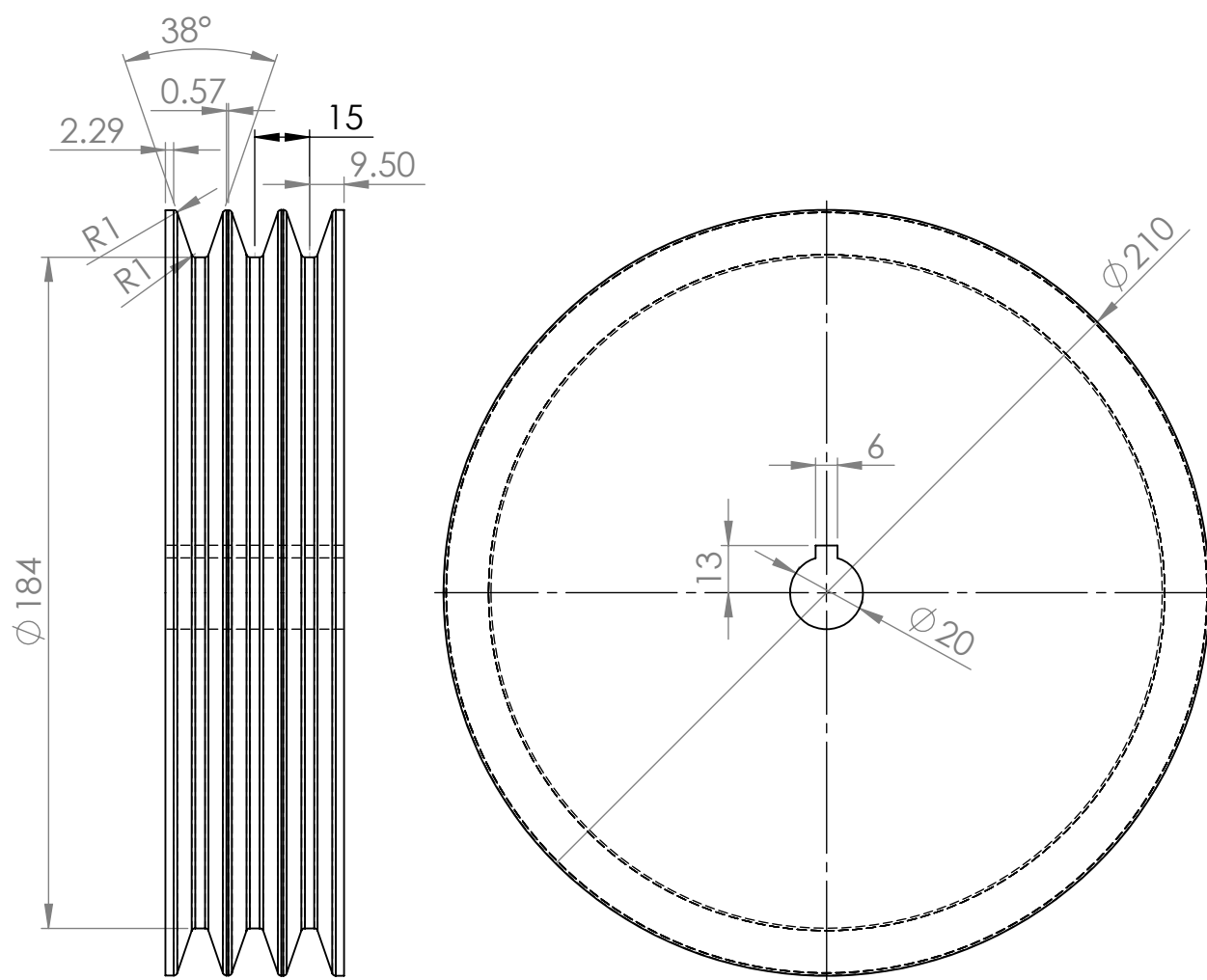


Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA					
Projetista: Túlio Batista Gomes	3 - CHAPA DE FIXAÇÃO SUPORTE DO EIXO					
Material: SAE 1020	Escala: 1:2	Tolerância: 0,1 mm		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 9/12



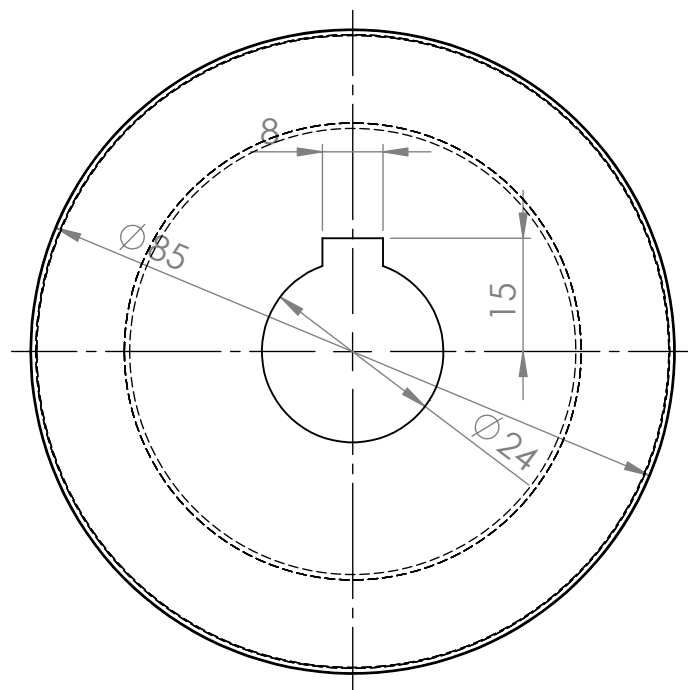
SEÇÃO A-A

Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA					
Projetista: Túlio Batista Gomes	FUSO DE ESFERAS					
Material: SAE 1020	Escala: 1:2	Tolerância: 0,1 mm		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 9/12

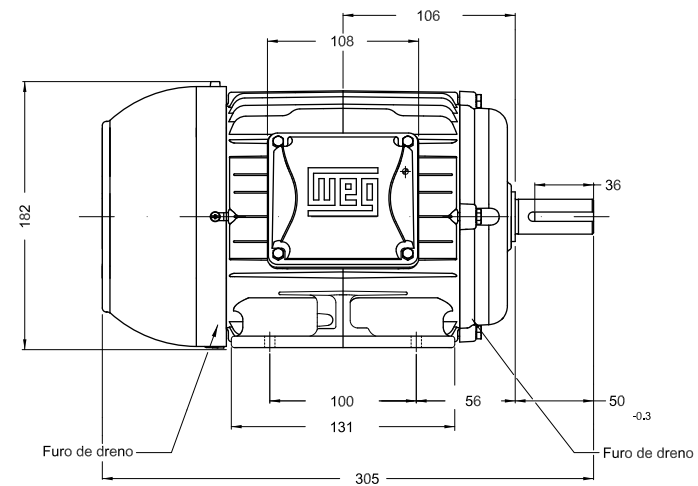
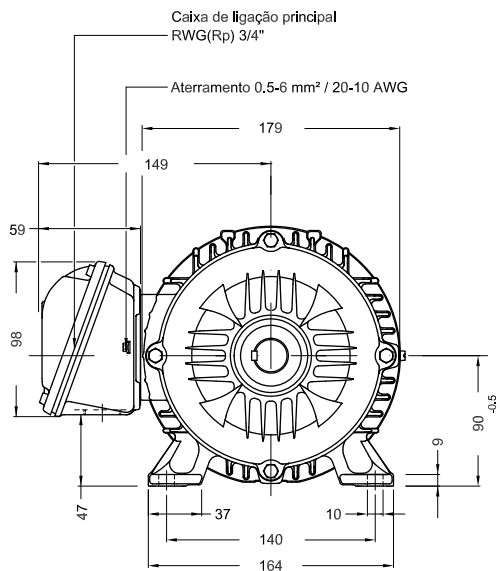


Obs: POLIA PERFIL A 3 CANAIS EM V TRANSMISSÃO  
PARALELO DIAMETRO NOMINAL = 190 mm

Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA					
Projetista: Túlio Batista Gomes	5 - POLIA MOVIDA					
Material: SAE 1020	Escala: 1:2	Tol. geral: 0,1 mm		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 11/12



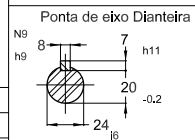
Projeto: Plataforma de elevação	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA						
Projetista: Túlio Batista Gomes	7 - POLIA DE ACIONAMENTO						
Material: SAE 1020	Escala: 1:1	Tol. geral: 0,1 mm		Unidade: mm	Data: 25/05/19	Folha: 12/12	





Cor RAL 5009

Plano de pintura 207A

Forma construtiva B3D



0,75 kW (1 HP-cv) 06 Polos 60Hz

ECM	LOC	RESUMO MODIFICAÇÃO			EXECUTADO	VERIFICADO	LIBERADO	DATA	VER
EXECUTOR	USERADMIN		MOTOR TRIFASICO W22 - PLUS CARÇA 90S IP55 TFVE			PREVIEW			
VERIFICADOR						WDD			
LIBERADOR									
DATA LB.		WMO	Jaragua do Sul	Engenharia de Produto	FOLHA	1 / 1			